





## Note du Secrétariat

1. Le présent rapport constitue l'évaluation initiale de l'écologie, de l'état et des pressions qui s'exercent sur les écosystèmes côtiers et marins en Méditerranée. Il se base sur les informations disponibles soit au niveau régional, soit au sein des quatre sous-régions délimitées par consensus avec les Parties contractantes à la Convention de Barcelone. Cette évaluation a été réalisée en conformité avec les décisions prises au cours de la première Réunion d'experts techniques sur l'application par le PAM de l'approche écosystémique<sup>1</sup> (AE), qui a eu lieu à Rome les 8 et 9 avril 2010. Cette réunion a indiqué que le rapport intégré devrait suivre la table des matières proposée et adoptée par la Deuxième réunion des experts désignés par les gouvernements sur l'application de l'approche écosystémique<sup>2</sup>, organisée à Athènes les 9 et 10 juillet 2008. Outre des informations présentées selon un schéma standard pour chacune des sous-régions, le présent rapport intégré comprend une introduction qui décrit l'évaluation dans le contexte du processus AE et une vue d'ensemble de l'état des connaissances sur les pressions et sur l'état des écosystèmes marins et côtiers dans tout le bassin méditerranéen. Le chapitre conclusif met en lumière les principaux problèmes et les principales lacunes qui doivent être comblées afin de progresser dans le processus AE.

2. Le Secrétariat a soumis une première version du présent rapport à l'examen de la deuxième réunion d'experts techniques sur l'application par le PAM de l'approche écosystémique<sup>3</sup> (Barcelone, juillet 2010). Le Rapport a été commenté par les Parties contractantes au second semestre 2010. La Croatie, la Grèce, la France, l'Union européenne, Israël, le Maroc, l'Espagne et la Turquie ont formulé des commentaires qui ont été pris en compte.

3. Après cette étape, le Bureau des Parties contractantes a transmis en mars 2011 une seconde version, mise à jour à l'aide des commentaires mentionnés plus haut, au Groupe mixte d'experts chargé d'étudier les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin (GESAMP) chargé de son examen par les pairs. Le processus de relecture a été porté à son terme et des commentaires intégrés au texte.

4. La présente version du rapport prend ainsi en compte aussi bien les commentaires des Parties contractantes sur la version précédente que les commentaires et les propositions de modification reçues de la part du GESAMP. Il prend également en compte les commentaires finaux formulés lors de la troisième réunion d'experts techniques sur l'application par le PAM de l'approche écosystémique (juin 2011).

5. Le présent rapport initial d'évaluation a été réalisé sous les auspices de l'Unité de coordination du PAM/PNUE. Il se base notamment sur les travaux de la consultante principale, la Dr Tundi Agardy, ainsi que sur les rapports sous-régionaux préparés par des entités du PAM/PNUE, MED POL et CAR/ASP, sur les travaux de consultants régionaux et nationaux et sur le rapport PAM/PNUE-PB/CAR sur la valeur économique des prestations durables fournis par les écosystèmes marins en Méditerranée.

6. De nombreux passages de ce texte sont tirés des rapports écrits par les consultants à l'échelle sous-régionale, en particulier pour ce qui concerne les polluants, les pressions et les impacts sur la biodiversité. Certains passages proviennent des rapports nationaux, des commentaires et des contributions apportées par les représentants des Parties contractantes. Parmi les autres sources, il faut notamment citer les rapports du PAM/PNUE/AEE et l'Évaluation transfrontière de la Méditerranée, ainsi que la cartographie des impacts cumulés préparée par Fiorenza Micheli, du Centre national pour l'analyse et la synthèse écologique.

7. Parmi les consultants régionaux et nationaux travaillant avec le UNEP/MAP-MED POL dont les informations et les textes ont enrichi ce rapport, il faut citer notamment le Dr François Galgani (Méditerranée occidentale), le Pr Victor Axiac (Méditerranée centrale et ionienne), la Dr Monica Peterlin (Adriatique) et le Dr Nikos Streftaris (Méditerranée orientale).

---

<sup>1</sup> UNEP(DEPI)/MED WG.347/6

<sup>2</sup> UNEP(DEPI)/MED WG.326/4

<sup>3</sup> UNEP(DEPI)/MED WG.350/5

8. Parmi les consultants régionaux et nationaux travaillant avec le PAM/PNUE-CAR/ASP dont les informations et les textes ont enrichi ce rapport, il faut citer notamment Thierry Pérez, (Méditerranée occidentale), Sami Ben Haj, (Méditerranée centrale), Bayram Öztürk (Adriatique), Ferdinando Boero (Méditerranée orientale), Samir Grimes (Algérie), Hocein Bazairi (Maroc), Mohamed Salah Romdhane (Tunisie), Thierry Pérez, Arthur Antonioli (France), Raphael Simonet (Monaco), Núria Marbà et Carlos M. Duarte (Espagne), Argyro Zenetos, Nikos Streftaris, Panayotis Panayotidis, Nomiki Simboura, Maria Salomidi (Grèce), Esmail Shakman (Libye), Zamir Dedej, Pellumb Abeshi, Nehat Dragoti (Albanie), Branko Vujicak, Tarik Kuposovic (Bosnie-Herzégovine), Jasminka Radovic, Ivna Vuksic (Croatie), Lovrenc Lipej, Borut Mavric, Robert Turk (Slovénie), Bella Galil (Israël), Bayram Öztürk (Turquie), Andreas Demetropoulos (Chypre), Joussef Halim (Égypte), Manal Nader (Liban), Amir Ibrahim (Syrie), Silvia de Juan, Jordi Lleonart (Mers ouvertes).

## Table des matières

<b>RÉSUMÉ</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1. INTRODUCTION — APPROCHE ÉCOSYSTÉMIQUE ET RECENSION DES INFORMATIONS EXISTANTES</b>	<b>6</b>
<b>CHAPITRE 2. LES ÉCOSYSTÈMES MARINS ET LITTORAUX DU BASSIN MÉDITERRANÉEN : ÉTAT ET PRESSIONS, SUR LA BASE DES CONNAISSANCES DISPONIBLES</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Vue d'ensemble de l'état de l'écosystème à l'échelle régionale</b>	<b>11</b>
2.1.1 Caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du Bassin méditerranéen	11
2.1.2 Principales caractéristiques des services écosystémiques	15
2.1.3 La biodiversité de la Méditerranée	17
2.1.4 Espèces emblématiques	18
2.1.5 Populations de poissons de pêche	18
2.1.6 Caractéristiques et état des grands types d'habitat	20
2.1.7 Emplacements des ASPIM et des AMP	29
<b>2.2 Services écosystémiques : présentation et valeur</b>	<b>30</b>
<b>2.3 Pressions et impacts : la pollution</b>	<b>31</b>
2.3.1 Contamination par les substances dangereuses (métaux lourds, hydrocarbures halogénés et pétroliers, agents anti-salissures, composés chimiques et pharmaceutiques, etc., émanant de toutes sortes de sources, ainsi que les radionucléides)	32
2.3.2 Éléments nutritifs et enrichissement en matière organique, eutrophisation et anoxie	35
<b>2.4 Perturbations biologiques</b>	<b>37</b>
2.4.1 Distribution et effets de l'introduction d'espèces invasives	37
2.4.2 Propagation des agents pathogènes et apparition de nouveaux agents pathogènes microbiens	40
2.4.3 Impact des activités de pêche sur les espèces-cibles, les chaînes alimentaires et la biodiversité	42
2.4.4 Impacts du dessalement et de l'aquaculture	47
<b>2.5 Perturbations physiques</b>	<b>48</b>
2.5.1 Effets des constructions et infrastructures littorales et de l'urbanisation côtière	48
2.5.2 Impacts des constructions offshore et activités de dragage	49
2.5.3 Impacts de la pêche sur les fonds marins	49
2.5.4 Détournements d'eau douce	50
2.5.5 Pressions environnementales dans la colonne d'eau : bruits sous-marins, détritiques marins	50
<b>2.6 Changements climatiques et nouveaux enjeux</b>	<b>51</b>
<b>CHAPITRE 3. MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE</b>	<b>53</b>
<b>3.1 Introduction</b>	<b>53</b>
<b>3.2 Caractéristiques physiques et chimiques</b>	<b>53</b>
3.2.1 Topographie, bathymétrie et nature des fonds marins	53
3.2.2 Salinité, température ; courants ; transport de sédiments, etc.	55
3.2.3 Répartition spatiale et temporelle des nutriments, de l'oxygène dissous et du pH	63
3.2.4 Relation entre le bassin-versant et la sous-région	67

<b>3.3</b>	<b>Caractéristiques biologiques</b>	<b>67</b>
3.3.1	Description des communautés biologiques de la colonne d'eau avec les espèces et la variabilité saisonnière et géographique	67
3.3.2	Informations sur les invertébrés de fond, les macroalgues et les angiospermes	68
3.3.3	Mammifères marins, reptiles et oiseaux marins	74
3.3.4	Espèces exotiques, non-indigènes et invasives	78
3.3.5	Populations de poissons avec leur abondance et leur répartition spatiale	79
<b>3.4</b>	<b>Classification et répartition connue des habitats</b>	<b>80</b>
<b>3.5</b>	<b>Pressions et impacts</b>	<b>82</b>
3.5.1	Contamination par des substances dangereuses	82
3.5.2	Activités d'immersion (introduction de substances et impact)	95
3.5.3	Enrichissement en nutriments et en matières organiques	96
3.5.4	Perturbations physiques et biologiques	97
3.5.5	Effets du bruit sous-marin et des déchets marins	99
3.5.6	Questions émergentes telles que les effets des changements climatiques	100
<b>3.6</b>	<b>Conclusions et analyse des lacunes concernant les pressions et impacts</b>	<b>103</b>
<b>CHAPITRE 4.</b>	<b>SOUS-RÉGION DE LA MER IONIENNE ET DE LA MÉDITERRANÉE CENTRALE</b>	<b>105</b>
<b>4.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>105</b>
<b>4.2</b>	<b>Caractéristiques physiques et chimiques</b>	<b>105</b>
4.2.1	Topographie, bathymétrie et nature des fonds marins	105
4.2.2	Salinité, température ; courants ; transport de sédiments	106
4.2.3	Répartition spatiale et temporelle des nutriments, de l'oxygène dissous et du pH	108
4.2.4	Description générale du bassin-versant en lien avec l'analyse	110
<b>4.3</b>	<b>Caractéristiques biologiques</b>	<b>111</b>
4.3.1	Description des communautés biologiques de colonne d'eau	111
4.3.2	Informations sur la faune de fond invertébrée, les macroalgues et les angiospermes	112
4.3.3	Mammifères marins, reptiles et oiseaux marins	114
4.3.4	Espèces exotiques, non-indigènes et invasives	115
4.3.5	Populations de poissons avec leur abondance, leur répartition spatiale et leur structure âge/taille	115
<b>4.4</b>	<b>Classification et répartition connue des habitats</b>	<b>116</b>
<b>4.5</b>	<b>Pressions et impacts</b>	<b>118</b>
4.5.1	Contamination par des substances dangereuses	118
4.5.2	Activités d'immersion (introduction de substances et impact)	128
4.5.3	Enrichissement en nutriments et en matières organiques	129
4.5.4	Perturbations physiques et biologiques	133
4.5.5	Effets du bruit sous-marin et des déchets marins	136
4.5.6	Nouveaux enjeux : les effets des changements climatiques et les modifications des mers profondes.	136
<b>4.6</b>	<b>Conclusions et analyse des lacunes concernant les pressions et impacts</b>	<b>139</b>
<b>CHAPITRE 5.</b>	<b>MER ADRIATIQUE</b>	<b>140</b>
<b>5.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>140</b>

<b>5.2</b>	<b>Caractéristiques physiques et chimiques</b>	<b>141</b>
5.2.1	Topographie, bathymétrie et nature des fonds marins	141
5.2.2	Salinité, température ; courants ; transport de sédiments	142
5.2.3	Répartition spatiale et temporelle des nutriments, de l'oxygène dissous et du pH	148
5.2.4	Relation entre le bassin-versant et la sous-région	148
<b>5.3</b>	<b>Caractéristiques biologiques</b>	<b>150</b>
5.3.1	Description des communautés biologiques de colonne d'eau	150
5.3.2	Informations sur la faune de fond invertébrée, les macroalgues et les angiospermes	153
5.3.3	Mammifères marins, reptiles et oiseaux marins	156
5.3.4	Espèces exotiques, non-indigènes et invasives	158
5.3.5	Populations de poissons avec leur abondance et leur répartition spatiale	160
<b>5.4</b>	<b>Classification et répartition connue des habitats</b>	<b>161</b>
<b>5.5</b>	<b>Pressions et impacts</b>	<b>162</b>
5.5.1	Contamination par des substances dangereuses	162
5.5.2	Activités d'immersion (introduction de substances et impact)	167
5.5.3	Enrichissement en nutriments et en matières organiques	168
5.5.4	Perturbations physiques et biologiques	172
5.5.5	Effets du bruit sous-marin et des déchets marins	177
5.5.6	Nouveaux enjeux : les effets des changements climatiques et les modifications des mers profondes.	178
<b>5.6</b>	<b>Conclusions et analyse des lacunes concernant les pressions et impacts</b>	<b>179</b>
<b>CHAPITRE 6 :</b>	<b>SOUS RÉGION DE LA MÉDITERRANÉE ORIENTALE</b>	<b>182</b>
<b>6.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>182</b>
<b>6.2</b>	<b>Caractéristiques physiques et chimiques</b>	<b>182</b>
6.2.1	Topographie, bathymétrie et nature des fonds marins	182
6.2.2	Salinité, température ; courants ; transport de sédiments	183
6.2.3	Répartition spatiale et temporelle des nutriments, de l'oxygène dissous et du pH	188
6.2.4	Description générale du bassin-versant en lien avec l'analyse	190
<b>6.3</b>	<b>Caractéristiques biologiques</b>	<b>190</b>
6.3.1	Description des communautés biologiques de colonne d'eau	190
6.3.2	Informations sur la faune de fond invertébrée, les macroalgues et les angiospermes	191
6.3.3	Mammifères marins, reptiles et oiseaux marins	194
6.3.4	Espèces exotiques, non-indigènes et invasives	199
6.3.5	Abondance des espèces pêchées et répartitions spatiales	200
<b>6.4</b>	<b>Classification et répartition connue des habitats</b>	<b>204</b>
<b>6.5</b>	<b>Pressions et impacts</b>	<b>207</b>
6.5.1	Contamination par des substances dangereuses	207
6.5.2	Activités d'immersion (introduction de substances et impact)	212
6.5.3	Enrichissement en nutriments et en matières organiques	213
6.5.4	Perturbations physiques et biologiques	217
6.5.5	Effets du bruit sous-marin et des déchets marins	218
6.5.6	Nouveaux enjeux dont les effets des changements climatiques	219
<b>6.6</b>	<b>Conclusions et analyse des lacunes concernant les pressions et impacts</b>	<b>219</b>

<b>CHAPITRE 7. SIMILITUDES ET IMPLICATIONS POUR LE PROCESSUS D'APPROCHE DE L'ÉCOSYSTÈME</b>	<b>222</b>
7.1 Impacts cumulatifs et simultanés	222
7.2 Lacunes dans les informations et potentiel pour une surveillance optimale de l'ECAP	226
7.3 Conclusions de l'évaluation initiale	229
7.4 Prochaines étapes	231
<b>RÉFÉRENCES</b>	<b>233</b>

## Résumé

1. Le Plan d'action pour la Méditerranée, PNUE/PAM, la Convention de Barcelone et ses sept Protocoles associés ont jeté d'excellentes fondations pour une gestion coordonnée et efficace de la Méditerranée et de ses zones côtières. Les Parties contractantes se sont engagées à appliquer progressivement l'Approche écosystémique (AE) à la gestion des activités humaines. Elles se sont attelées à la pose des fondations pour la formulation de politiques publiques qui visent à faire face aux menaces les plus urgentes et à améliorer la compréhension des besoins en matière de gestion. Leur engagement sur un processus d'AE en sept étapes est rationnel et stratégique; les principales étapes sont: 1) établir une vision pour une approche écosystémique à travers toute la Méditerranée; 2) élaborer trois objectifs stratégiques pour réaliser cette vision; 3) entreprendre une évaluation initiale pour déterminer les problèmes prioritaires, la disponibilité de l'information et les lacunes à combler; 4) décider des objectifs écologiques; 5) déterminer les objectifs opérationnels et les indicateurs associés, identifier les cibles ou les seuils liés à ces indicateurs; 6) développer une stratégie de suivi, et 7) élaborer des plans et des actions spécifiques de gestion pour s'assurer d'atteindre les objectifs écologiques et stratégiques permettant aux pays méditerranéens de s'engager efficacement dans leur vision de la gestion marine et côtière.

2. Le présent rapport d'évaluation initial constitue la troisième étape du processus d'EA, qui consiste à récolter les informations sur la nature générale des écosystèmes méditerranéens, y compris les caractéristiques, les facteurs et les pressions physiques et écologiques qui agissent sur l'état de l'environnement marin, sur les conditions ou sur l'état des écosystèmes marins et côtiers. Là où c'est faisable, on a en outre relevé la réponse attendue des écosystèmes si les tendances constatées se confirment. Les objectifs de l'évaluation initiale consistaient à définir les principaux problèmes prioritaires auxquels l'AE doit faire face à l'échelle du bassin méditerranéen et à déterminer les domaines dans lesquelles les informations récoltées au sein du système PNUE/PAM - Convention de Barcelone, en combinaison avec les études publiées, pourraient aboutir à mettre en lumière les priorités de gestion. Le revers de cet objectif est d'une importance équivalente : il s'agit de définir les lacunes, afin de soutenir la recherche et le suivi scientifiques entrepris par les pays méditerranéens. Ces derniers cherchent à se procurer des bases adéquates pour une gestion écosystémique efficace et performante, en cours d'élaboration.

3. Les Parties contractantes ont mis à disposition des informations en images instantanées et en séries temporelles de plus long terme sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de la Méditerranée. Ces informations ont été combinées à des informations provenant d'organismes internationaux sur les usages, les pressions, les impacts, afin de développer en premier lieu quatre évaluations sous-régionales et orientées par thématique, et par la suite une évaluation transverse qui tente de synthétiser les informations provenant des quatre sous-régions. La récolte et l'analyse des informations se sont concentrées sur le statut et les tendances parmi les pressions qui ont d'ores et déjà identifiées comme les plus importantes, reflétées dans les aspects spécifiques visés par les Protocoles de la Convention. Le but est d'utiliser cette information comme base pour promouvoir l'approche écosystémique de la gestion côtière et marine dans toute la Méditerranée.

4. Telles qu'elles ont été définies par les Parties contractantes pour des raisons pratiques (et dans l'optique de la présente évaluation initiale uniquement), les quatre sous-régions méditerranéennes présentent un conglomérat d'écosystèmes côtiers et marins au sein desquels sont partagées de nombreuses ressources, espèces, et approches communes en matière de gestion et de suivi environnementaux. Chacune des principales pressions ou classes de menaces identifiées par le suivi national, la recherche effectuée par des institutions scientifiques et l'analyse des programmes et des agences multilatérales se retrouvent dans toutes les quatre sous-régions – mais les problèmes prioritaires sont différents dans chaque région. Ceci est en partie dû aux caractéristiques physiques et biologiques sous-jacentes de chaque sous-région et au degré auquel les différents impacts sont ressentis par les écosystèmes marins en leur sein.

5. La sous-région occidentale de la Méditerranée est caractérisée par des échanges avec l'Atlantique Nord via le détroit de Gibraltar et par une dynamique physico-biologique complexe. On trouve un haut niveau d'industrialisation et de perte ou d'altération d'habitat côtier due au développement dans cette région, en particulier sur la côte nord. Le tourisme draine la plus grande partie du développement et de la pression sur les ressources côtières, et le tourisme se trouve à l'origine d'une grande part de la dégradation des côtes et des eaux littorales. Outre l'altération

physique de l'environnement et outre la dégradation causée par la pollution et la perte d'habitats essentiels, la croissance du tourisme et de l'urbanisation forment une pression croissante sur les ressources, y compris le poisson et l'eau douce. Cela a pour conséquence la restriction de l'accès aux zones de marais d'estuaires, et le renforcement de la demande de désalinisation et les impacts qui en découlent en termes de pollution. Dans la partie sud de la sous-région, la croissance démographique le long des côtes a conduit à une dégradation provenant des rejets des installations d'assainissement et des eaux de ruissellement. L'industrie maritime, y compris le transport maritime, le développement énergétique et l'aquaculture dégradent aussi l'environnement et ont un impact sur la biodiversité, ce qui génère une pollution localisée et pèse plus généralement sur la fourniture de services écosystémiques, en raison des compromis nécessaires.

6. La Méditerranée centrale et la sous-région ionienne connaissent en partie les mêmes facteurs et les mêmes pressions, bien que les impacts les plus importants soient assez différents de ceux de la Méditerranée occidentale parce que les caractéristiques physiques de cette sous-région, entre autres, sont assez différentes. Il n'existe pas d'échange direct avec les eaux de l'Atlantique, et à la différence du bassin de la sous-région occidentale, très ouvert, la topographie des fonds de la région centrale est complexe et comporte de nombreux détroits par lesquelles passent les masses d'eau et les espèces. Les littoraux ne sont généralement pas aussi développés que dans la Méditerranée occidentale, bien que l'urbanisation soit un facteur à prendre en compte dans certaines zones. La pêche représente la principale pression sur les espèces et les écosystèmes, en raison de la surexploitation et des prises accidentelles ou involontaires, ainsi que l'utilisation de méthode de pêche destructrices tels la pêche à la dynamite, le chalutage de fond, et l'arrachage de coraux d'eau profonde. Les pressions liées à la pêche sont concentrées dans les détroits qui séparent le continent africain et la côte sicilienne. La zone sud-est de la sous-région présente un risque d'hypoxie en cas de sur-enrichissement de l'eau en nutriments provenant des eaux usées et du ruissellement.

7. La mer Adriatique est une mer semi-fermée au sein d'une mer semi-fermée. En raison de la faiblesse des échanges d'eau, des rejets d'origine agricole et urbaine le long de sa côte ouest et de sa profondeur relativement faible, l'eutrophisation est un risque majeur. Bien que la pollution ponctuelle ait été largement contrôlée et que la pollution par des produits toxiques soit confinée à une poignée de zones industrielles localisées, le ruissellement et les eaux usées inadéquatement traitées persistent à déséquilibrer les équilibres en nutriments de cette mer étroite, ce qui aboutit à des proliférations d'algues, des mucilages, et favorise l'hypoxie. Les changements climatiques pourraient exacerber l'impact de ces pressions, et alourdir l'impact des espèces invasives dans la sous-région. La surpêche figure parmi les pressions identifiées, en particulier dans les courants nord de l'Adriatique centrale. En dépit des pressions, la mer Adriatique est remarquablement diverse et productive. Elle comporte une série d'écosystèmes qui fournissent des services écosystémiques de grande valeur. Le tourisme et la pêche sont importants dans la région. La sous-région adriatique est aussi importante en ceci que plusieurs pays y ont exploré des moyens de coordonner la recherche et la gestion, ce qui jette les bases d'un mouvement plus fluide vers l'approche écosystémique.

8. La sous-région constituée par la Méditerranée orientale est peut-être la moins bien connue des quatre sous-régions définies aux fins de l'évaluation initiale de l'AE. Cette sous-région montre une très forte biodiversité à grande échelle: on trouve des archipels de grande ampleur dans le nord, et, au sud, un large plateau formés d'alluvions sédimentaires près du delta du Nil. Les littoraux et la topographie des fonds prennent des formes très variables, tout comme les usages humains des côtes et des eaux. Bien que toutes les pressions existantes dans la Méditerranée dans son ensemble se retrouvent dans cette sous-région, les espèces invasives et les changements climatiques sont les principaux sujets de préoccupation. Les rejets d'eaux usées non traitées, les effluents de la désalinisation et le ruissellement provenant de zones urbaines aboutissent à la généralisation de l'hypoxie et à une qualité de l'eau relativement mauvaise. Ces tendances à la baisse de la qualité de l'eau, à la prolifération des espèces invasives et à la tropicalisation en raison des changements climatiques n'ont pas encore porté préjudice à la valeur de cette sous-région. Sa partie nord reste l'une des principales destinations touristiques mondiales et les communautés qui vivent sur les côtes dans toute la région dépendent largement des ressources marines.

9. Les informations ici synthétisées constituent une approche évaluative commune. Dans cette mesure-là, la présente synthèse permet de mettre en lumière comment l'importance des différentes menaces et des différentes pressions varie dans chaque région. De même, les réponses de type pression-état-impact varient, et la présente évaluation initiale ne peut que commencer à démêler les raisons qui font que ces réponses peuvent être différentes dans différentes zones. On admet que

cette approche permettra le développement d'activités stratégiques à différentes échelles: 1) à l'échelle du bassin, où une approche standardisée du suivi et des évaluations à venir créera une base de connaissances commune; 2) au niveau national, où les pays peuvent employer une approche commune pour établir leurs propres priorités; et 3) à l'échelle d'un site, où les outils de gestion peuvent être utilisés, unilatéralement ou multilatéralement, pour faire face aux problèmes marins les plus saillants.

10. Une vue d'ensemble des quatre sous-régions ainsi que l'examen de la littérature sur l'écologie de la Méditerranée en général laissent à penser que les sous-régions ont plus de points communs que de différences. Parmi les points communs, la reconnaissance du fait que certains habitats côtiers et marins fournissent des services écosystémiques d'une valeur extrêmement élevée, au bénéfice de tous les habitants de la Méditerranée. Dans la perspective d'une analyse préliminaire de la valeur économique démontrée de certains de ces services, le CAR Plan Bleu du PNUE/PAM a produit un premier rapport d'évaluation chiffrée des services écosystémiques de la Méditerranée. Cette étude est parvenue à la conclusion que pour toute la région méditerranéenne, la valeur des services écosystémiques pourrait dépasser 26 milliards d'euros par an. Le gros de ces prestations (plus des deux tiers) provient du tourisme et de la valeur du milieu naturel dont dépend ce tourisme. Parmi les autres services de valeur fournis par les habitats étudiés, on trouve la fourniture de poisson et de fruits de mer, l'assimilation des déchets, la stabilisation des côtes et la prévention de l'érosion et la captation du carbone, dont la valeur totale est dans le même ordre de magnitude. Bien que les conclusions de cette étude soient encore en cours d'évaluation, l'ordre de grandeur des estimations de valeur pour les différents services écosystémiques considérés permet d'estimer l'importance relative de certains types d'habitats et de ressources pour assurer le bien-être humain autour du bassin. Lorsque les pays discutent de la façon d'avancer ensemble sur la voie d'une gestion basée sur l'approche écosystémique, les priorités pourraient s'établir en fonction des habitats qui fournissent l'essentiel de ces services de valeur d'un point de vue économique, écologique et culturel.

11. Bien que des données scientifiques commencent à voir le jour pour mettre en lumière toute la valeur des environnements marins et côtiers en Méditerranée, la dégradation continue en raison d'usages directs et d'impacts indirects sur les écosystèmes. Les pressions et les impacts qui sont communs aux quatre sous-régions comprennent:

- **Le développement et l'étalement des villes côtières** entraînés par le développement du tourisme et de l'urbanisation, ce qui aboutit à la dégradation voire à la perte d'habitats ainsi qu'à la déstabilisation voire à l'érosion du littoral
- **La surpêche** et les prises accidentelles, qui modifient la structure des communautés, les processus écologiques et la fourniture des services écosystémiques
- **La pêche destructrice**, qui comprend le chalutage de fond et les méthodes de pêche qui perturbent la zone benthique
- **La contamination** des sédiments et des biotes par la pollution, en premier lieu par l'urbanisation et l'industrie, mais aussi par les produits antisalissures et les rejets d'origine atmosphérique de composés dangereux
- **La surcharge en substances nutritives**, qui aboutit parfois à l'eutrophisation et à l'hypoxie, et souvent à des déséquilibres écologiques (baisse de la qualité de l'eau et prolifération des algues)
- **Les perturbations et la pollution provenant des industries marines** (routinières ou liées à une catastrophe) y compris les transports maritimes, l'énergie, l'aquaculture et la désalinisation
- **La prolifération des espèces invasives**, souvent accélérée par les changements climatiques
- **La dégradation des zones de transition et des estuaires**, qui constituent des zones cruciales de nourricerie pour la pêche commerciale et abritent des combinaisons d'espèces uniques en leur genre.

12. De plus, l'évaluation initiale fournit des informations sur les zones qui présentent une importance écologique, une diversité biologique ou une vulnérabilité particulière et la perte potentielle en biodiversité (déduite, mais pas encore quantifiée). Cette dernière constitue de plus en plus un problème de premier plan à l'échelle du Bassin.

13. Depuis la parution, en 2006, du Rapport du PNUE/PAM et de l'AEE sur les problèmes prioritaires de l'environnement en Méditerranée, les conditions ont visiblement évolué. On distingue des améliorations de la qualité de l'eau à de nombreux endroits, grâce aux efforts stratégiques visant à réduire la charge en substances polluantes. Les teneurs en produits toxiques tels que le DDT et les métaux lourds baissent un peu partout. De nouveaux problèmes surgissent toutefois et méritent d'être suivis avec attention. La désalinisation et ses effets, en particulier les rejets de saumure, devraient faire l'objet d'enquêtes. La recrudescence de l'utilisation d'espace océanique pour l'aquaculture, y compris l'engraissement de thon rouge, s'accompagne de menaces d'un accroissement de la pollution, d'eutrophisation, de la prolifération d'espèces invasives et du rejet de souches pathogènes ainsi que de conflits de plus en plus intenses pour l'accès et l'utilisation de l'espace à d'autres fins.

14. Le fait que l'espace océanique est de plus en plus utilisé à des fins multiples signifie également que l'action en synergie de plusieurs menaces, ayant un impact encore plus grand que lorsqu'elles agissent séparément, doit faire l'objet d'un suivi minutieux. On peut citer comme exemple l'effet combiné de la surcharge en matière nutritive, la surpêche de certains groupes fonctionnels comme les poissons brouteurs de fond et les changements climatiques. Cette combinaison peut aboutir à un déséquilibre des écosystèmes des eaux littorales et à la perte de services écosystémiques.

15. Il importe de souligner que la présente évaluation initiale n'est pas une compilation de toutes les informations scientifiques disponibles sur la Méditerranée et ses usages. Elle guidera en revanche une approche régionale coordonnée de la gestion, basée sur l'approche écosystémique. On s'est donc attaché ici à mettre en balance les évaluations faites avec les importantes variations constatées dans la disponibilité de l'information, y compris lorsque des jeux de données incompatibles ont dû être utilisés. De plus, ces connaissances étaient issues d'informations récoltées à d'autres fins (par exemple pour remplir des obligations découlant des protocoles de la Convention) et non dans le contexte de programmes systématiques et exhaustifs de suivi. Ces derniers, visant à une gestion intégrée, seront en fin de compte adoptés sous l'égide de l'AE. La présente évaluation initiale est importante d'une part pour résumer les données et les informations disponibles, et d'autre part pour mettre en lumière les lacunes qu'elles présentent.

16. L'une de ces lacunes concerne la capacité à évaluer uniformément les pressions et les états pour formuler des réponses. Les données de certains pays sont limitées aux polluants localisés et aux surcharges en nutriments et en matière organique, alors que d'autres disposent de données plus complètes. Certains pays ont commencé à estimer les impacts des changements climatiques et disposent de programmes de recherche scientifique orientés vers les problèmes émergents, tels que la pollution sonore et l'évaluation d'impacts cumulatifs. D'autres pays en revanche disposent de ressources humaines et financières plus limitées et se focalisent, au niveau national, sur leurs obligations telles qu'elles découlent des différents protocoles de la Convention de Barcelone. La sélection d'objectifs écologiques et opérationnels devrait déboucher sur un programme de suivi rationalisé, qui surmontera ces obstacles et permettra de comprendre les réponses de type pression-état-impact générées par l'impact des activités humaines. Ces impacts montrent une grande variété et agissent les uns sur les autres.

17. La présente évaluation met en évidence une autre lacune : on connaît beaucoup mieux l'écologie des environnements formés d'eaux peu profondes (en particulier les fonds rocaillieux et les zones intertidales) et des prairies sous-marines ainsi que les impacts d'origine humaine qui s'y manifestent. Bien qu'on dispose de certaines descriptions de la biodiversité et des services écosystémiques qui proviennent d'autres habitats, il n'existe pas de compilation systématique sur les pressions et les états – à l'exception de certaines zones spéciales transitionnelles ou marines (telles que des zones protégées, des sites Natura 2000 en UE, etc.). Un système rationalisé de suivi utilisant des indicateurs-clés surmontera ces inégalités dans la focalisation des études.

18. Il est difficile de formuler des affirmations générales sur la Méditerranée tant que seuls certains aspects seulement feront l'objet de suivi dans certaines zones seules. Par exemple, il est logique de configurer le suivi de la pollution de telle sorte qu'il estime le taux de substances contaminantes (de toutes sortes) là où ces dernières posent problème, ou sont concentrées, car ces scénarios du pire se concentrent sur les endroits où la gestion fait le plus cruellement défaut. Mais un tableau général de la Méditerranée, reflétant les authentiques conditions générales de la mer, ne peut pas émerger de régimes d'échantillonnage de ce genre. De plus, les tendances relevées dans la teneur en contaminants ne disent rien de la réponse des écosystèmes à ces menaces, et moins encore de l'action synergique négative de ces menaces avec d'autres. De telles combinaisons portent préjudice

aux zones les plus lourdement touchées, ou qui a un effet sur la fourniture de services et sur le bien-être humain.

19. Dans la perspective de l'Approche écosystémique, tous les efforts ont été faits pour se concentrer sur les services écosystémiques dans les zones côtières et marines qui représentent une valeur pour les pays méditerranéens. Toutefois, l'étude des services écosystémiques étant encore à ses débuts partout dans le monde, l'évaluation montre aussi les lacunes dans les informations sur comment les communautés et les nations dépendent de ces écosystèmes, et sur le regard qu'elles portent sur eux. Comblar ces lacunes aiderait les pays méditerranéens à s'approcher d'une réponse effective, efficace et coordonnées aux pressions croissantes qui s'exercent sur les côtes et les écosystèmes marins de Méditerranée. Les conclusions de l'évaluation auront aussi des implications quant à la sensibilisation du public à la valeur des écosystèmes méditerranéens et leurs services, ce qui aboutira finalement à une meilleure gestion.

20. Il peut y avoir d'autres facteurs de changement dans les écosystèmes et la fourniture de services écosystémiques, qui n'ont pas été mis en lumière dans l'évaluation à l'échelle du Bassin, en raison du manque d'informations. Ceci comprend les modifications d'origine anthropique de l'hydrodynamique et du charriage de sédiments en provenance des bassins versants (en raison des barrages, du détournement d'eaux douces, etc.) ainsi que les constructions côtières, qui contribuent l'un et l'autre à modifier la stabilité littorale et peuvent exacerber l'érosion induite au niveau de la mer.

21. Les évaluations sous-régionales et le synopsis intégré pour toute la Méditerranée mettent en évidence les lacunes du savoir, une certaine variabilité dans la récolte et la gestion des données, et des incohérences dans le suivi périodique visant à dégager les tendances. Mais l'évaluation initiale de l'AE souligne aussi et surtout des ouvertures significatives pour lancer une série de réponses gestionnaires effectives basées sur les informations disponibles actuellement. L'une des principales ouvertures consiste à cartographier les informations disponibles sur les espèces, les habitats, les usages humains et leurs impacts. Les pays riverains de la Méditerranée et le PAM sont bien placés pour utiliser le plein potentiel des systèmes d'information géographique autour du bassin méditerranéen. Ces systèmes permettent la création de documents graphiques convaincants et aptes à illustrer des évolutions complexes de manière compréhensible pour le public et les décideurs. Les évaluations à venir peuvent et doivent comprendre des séries de cartes qui ne montrent pas seulement les informations de base sur les conditions changeantes des écosystèmes côtiers et marins de Méditerranée, mais illustrent graphiquement les services écosystémiques. Il s'agit de montrer clairement la grande valeur liée à des habitats naturels côtiers et marins dans différentes zones de la Méditerranée.

22. Le processus d'évaluation initiale a permis de mettre en lumière les articulations et les priorités possibles. Ces dernières devraient servir de pierres angulaires pour les étapes suivantes dans la mise en place de l'Approche écosystémique. Ce processus a aussi été extrêmement utile pour mettre en lumière les lacunes dans l'information servant de fondation aux étapes suivantes du processus d'AE. Ces étapes comprennent la détermination des objectifs écologiques qui reflètent les problèmes communs pour la gestion marine à l'échelle régionale, la détermination des objectifs opérationnels, les indicateurs et les cibles qui permettront à l'avenir de guider le suivi et les prises de décision, et le développement de plans de gestion aux échelles sous-régionale, nationale et locale, sur la base d'informations solides récoltées dans le cadre d'un régime de suivi intégré.

## CHAPITRE 1 : INTRODUCTION — APPROCHE ÉCOSYSTÉMIQUE ET RECENSION DES INFORMATIONS EXISTANTES

1. La Méditerranée est une mer complexe, tant dans ses dimensions écologiques que sociales. Les vingt et un états frontaliers de ce bassin maritime aussi précieux que fréquenté se sont engagés à améliorer la gestion des activités l'affectant. La convention pour la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée (dite convention de Barcelone) fournit le cadre juridique permettant de fixer des normes et objectifs acceptables pour toutes les Parties contractantes ainsi que la plate-forme d'échange d'informations indispensable pour la mise en œuvre d'une telle gestion. La convention de Barcelone a été adoptée le 16 février 1976 et sa version actuelle amendée le 10 juin 1995. Les Parties contractantes incluent aujourd'hui les vingt et un pays limitrophes et l'Union Européenne. La convention de Barcelone a été complétée par sept protocoles spécifiques, tous entrés en vigueur, à l'exception du protocole « immersions » de 1995.

2. La mise en œuvre d'une approche écosystémique ayant pour objectif de contribuer à faire de la Méditerranée « une mer saine avec des écosystèmes marins et côtiers riches et biologiquement diversifiés pour le bénéfice des générations présentes et futures » a démarré en juillet 2008 lors de la réunion des Parties contractantes de la convention de Barcelone à Almeria, en Espagne (Décision IG 17/6). Les Parties contractantes ont retenu l'abréviation AE pour désigner la notion d'« approche écosystémique ».

3. Pour les Parties contractantes, l'approche écosystémique est un outil offrant un cadre qui peut servir à la mise en œuvre des objectifs poursuivis par le PNUE/PAM et la convention de Barcelone, notamment en ce qui concerne les travaux sur les zones protégées et leurs maillages écologiques. Il n'y a pas une seule et unique façon d'appliquer l'approche par écosystème à la gestion du sol, de l'eau et des ressources vivantes. Les principes sur lesquels elle repose sont souples et peuvent être adaptés à des contextes sociaux, économiques et environnementaux différents.

4. Les Parties contractantes ont néanmoins donné leur accord pour la mise en place d'un processus commun permettant d'évoluer vers une gestion écosystémique globale du bassin qui tiendrait compte de la diversité des approches des nombreux pays concernés et prendrait appui sur les actions que les Parties sont déjà dans l'obligation d'accomplir en vertu des différents Protocoles de la convention de Barcelone. Ce processus AE, dont la description détaillée est l'objet des paragraphes suivants, s'articule autour de sept étapes et se traduit par la formulation d'un plan d'action concerté et l'élaboration de programmes stratégiques conçus en fonction des priorités de gestion préalablement définies.

5. En adoptant la Décision IG.17/6 sur la mise en œuvre de l'approche écosystémique dans le domaine des activités humaines susceptibles d'affecter le milieu marin et les littoraux méditerranéens, les Parties contractantes ont défini trois objectifs stratégiques concernant ces zones :

- 1) Protéger, remettre en état et, dans les cas où cela est possible, reconstituer les écosystèmes marins et littoraux, — préservant ainsi la biodiversité méditerranéenne —, de manière à obtenir et perpétuer un bon état écologique permettant une utilisation durable des ressources.
- 2) Réduire la pollution affectant l'environnement maritime et le littoral de façon à s'assurer qu'il n'y ait pas d'effets notables concernant la santé humaine et/ou des écosystèmes ni de risques liés à l'utilisation de ces zones maritimes et littorales.
- 3) Préserver, améliorer et restaurer l'équilibre entre les activités humaines et les ressources naturelles de la mer et des régions côtières et réduire leur vulnérabilité aux risques.

6. Une feuille de route composée de cinq autres étapes a été adoptée lors du même vote dans le but d'ajuster les trois objectifs stratégiques énoncés précédemment à la visée écologique recherchée.

- a) Identification des grandes caractéristiques de l'écosystème, évaluation de son bon état écologique et des menaces qui pèsent sur lui ;
- b) Développement d'une série d'objectifs écologiques conformes à la visée du projet et aux stratégies définies ;
- c) Définition des objectifs opérationnels avec indicateurs et valeurs-cibles ;
- d) Révision des programmes de surveillance continue existants et mise à jour régulière des objectifs ;
- e) Mise au point de plans d'action pertinents et suivi des programmes.

7. Le processus AE est la somme de ces sept étapes sur lesquelles toutes les Parties contractantes se sont engagées et vont continuer à travailler au cours des prochaines années. Cette première évaluation du travail intervient alors que se termine l'étape numéro 3 de l'AE qui a permis de collecter les informations disponibles sur les caractéristiques et l'état général de l'écosystème et de procéder au repérage des menaces les plus graves qui pèsent sur lui et qu'il convient de traiter de manière prioritaire en instaurant une surveillance accrue et en gérant la mise en place des réponses adéquates qui seront établies dès la finalisation de toutes les étapes stratégiques avec, notamment, la définition des objectifs écologiques et opérationnels et la détermination des indicateurs et cibles permettant leur évaluation.

8. Un aspect important de cette évaluation initiale est la mise en lumière de l'existence de lacunes dans les informations disponibles, données qui, à terme, seront indispensables à la mise en place du processus AE (la dernière partie de ce chapitre offre une description détaillée des manques relevés). Pour pouvoir évoluer vers une approche écosystémique, il faudra pallier à l'existence de ces lacunes au travers d'un vaste programme de contrôle, en veillant cependant à ce que l'instauration de ce dernier ne handicape pas les pays concernés. A cet effet, c'est seulement après l'amélioration du système d'informations actuel et lorsque les autorités de gestion auront en leur possession les données concernant les menaces prioritaires et leurs impacts que des évaluations périodiques pour les besoins de l'approche écosystémique pourront avoir lieu à l'échelle régionale.

9. Ainsi ce rapport d'évaluation initiale se présente-t-il comme un inventaire de l'information disponible complété par une analyse des données recueillies afin d'identifier les zones sur lesquelles la gestion future devra focaliser son attention et par un recensement des besoins en matière de recherche et de contrôle des données. Ces deux catégories de renseignements, l'identification des zones prioritaires, d'une part, et celle des lacunes en matière d'information, d'autre part, constituent les fondations qui permettront l'établissement des objectifs écologiques pour la mer Méditerranée et la création du futur système de contrôle sur lesquels s'appuiera le plan de gestion pour réaliser son approche écosystémique. Le schéma 1.1 met en évidence la nature cyclique de ce processus d'information et d'évaluation.

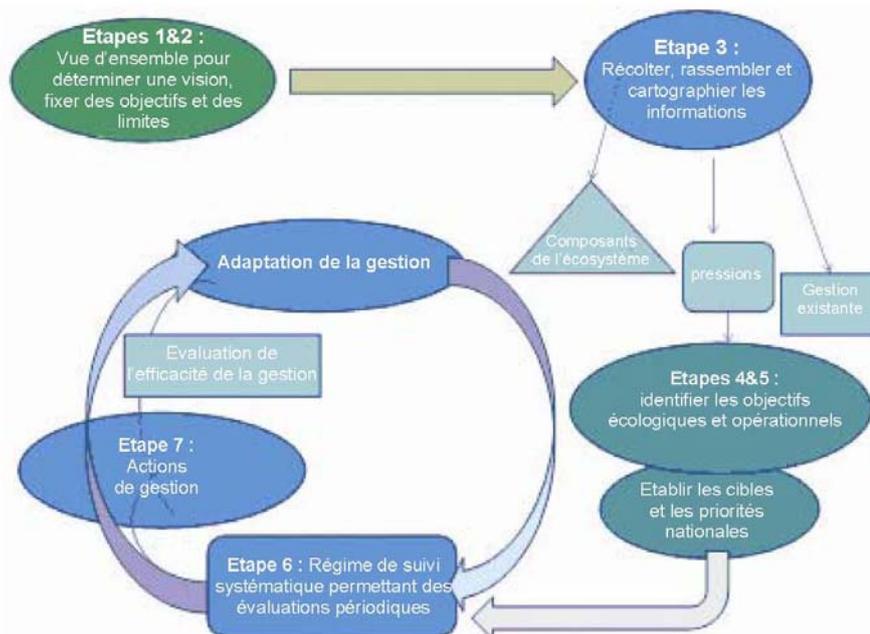


Schéma 1.1 Schématisation du processus de l'EA. L'étape 3 est celle de l'évaluation initiale dont les différentes phases sont récapitulées dans ce rapport.

10. La convention de Barcelone-PNUE/PAM a piloté la mise en œuvre du processus d'évaluation à l'échelle du bassin méditerranéen en prenant appui sur de précédentes études réalisées par ses soins et par d'autres institutions mais également sur les données nationales fournies par les Parties contractantes qui ont entamé leur propre recensement ainsi que les y obligent la convention de Barcelone et ses protocoles. La méthodologie pour préparer le présent rapport d'évaluation initiale se conforme à la décision prise par les Parties contractantes de scinder la région méditerranéenne en

quatre zones géographiques distinctes : c'est un découpage arbitraire, seulement réalisé à des fins d'analyse, et qui ne figure en aucun cas une démarcation rigide. Les aires géographiques, ou sous-régions, ainsi définies sont les suivantes :

- Sous-région n°1 : **Méditerranée occidentale**
- Sous-région n°2 : **Mer Ionienne et Méditerranée centrale**
- Sous-région n°3 : **Mer Adriatique**
- Sous-région n°4 : **Méditerranée orientale**

Le schéma 1.2 montre les divisions créées pour conduire une évaluation détaillée.

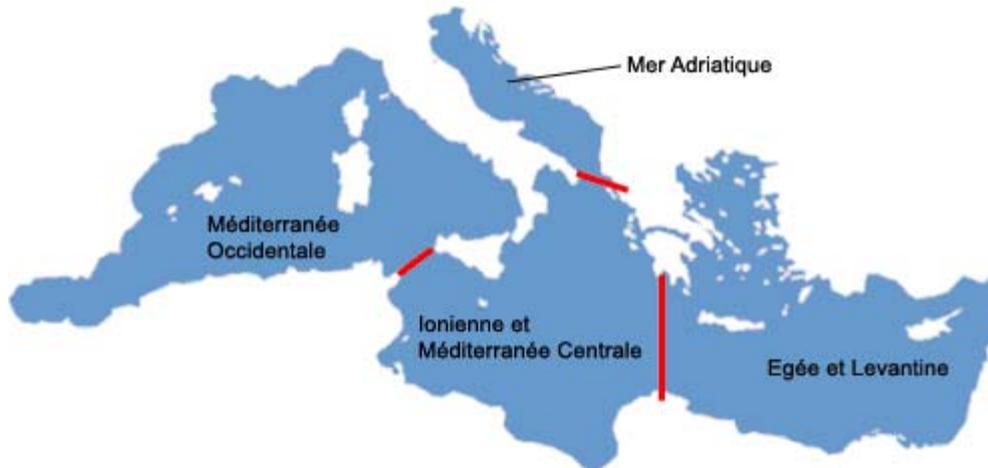


Schéma 1.2 La Méditerranée divisée en quatre sous-régions.

11. Les raisons qui ont conduit à cette partition de la Méditerranée sont plusieurs. Premièrement, les dimensions de la zone concernée sont telles qu'une collecte exhaustive des informations dans les domaines de l'écologie et des impacts des activités humaines sur cette mer semi-fermée est difficile à mettre en œuvre à l'échelle de la totalité du bassin. D'autre part, l'existence de points communs entre les territoires réunis au sein de chaque sous-région, à la fois dans leurs caractéristiques écologiques et leurs dimensions humaines, a été ressentie de manière palpable et offre une justification à la conduite d'une analyse se fondant sur ce découpage.

12. Dans le cadre de la coordination de cette évaluation, le secrétariat PNUE/PAM, assisté de la composante technique MED POL du PAM et du CAR/ASP, a nommé des consultants nationaux et des coordinateurs pour les sous-régions correspondant aux divisions géographiques définies précédemment. Le PNUE/PAM — CAR/ASP, avec le concours des autorités nationales, a sélectionné des experts nationaux en biodiversité dans 17 pays. En outre, le PNUE/PAM — CAR/ASP a recruté quatre consultants internationaux dont les missions sont de coordonner le recensement des données concernant la biodiversité au sein de chaque sous-région, de conseiller et d'apporter un soutien technique aux consultants nationaux. Le PNUE/PAM — MED POL a également engagé quatre coordinateurs pour chaque sous-région dont le rôle est de suivre la préparation des rapports ayant trait à la pollution de l'environnement maritime et aux sources de pollution émanant des zones terrestres dans les quatre sous-régions. Ces consultants sous-régionaux travaillent à l'harmonisation des données et intègrent les résultats des différents recensements ; ils rassemblent, révisent et s'assurent de la bonne cohésion des données émanant des autres composantes du PNUE/PAM ; ils préparent un dossier pour chacune des sous-régions et rédigent les différents documents, projets et rapports définitifs, destinés au PNUE/PAM — MED POL.

13. Le PNUE/PAM — CAR/PB a réalisé sur l'ensemble du bassin une étude de l'état des écosystèmes maritimes méditerranéens, s'intéressant plus particulièrement aux questions des biens et services (qui incluent les ressources halieutiques), du potentiel de séquestration du carbone, du traitement des déchets, du contrôle de l'érosion et de la valeur récréative. L'étude portait sur cinq

écosystèmes méditerranéens distincts : les herbiers de Posidonies, les communautés coralligènes, les fonds rocheux à macroalgues, les communautés des fonds meubles et les systèmes pélagiques de haute mer à plus de 100 mètres de profondeur.

14. Le PNUE/PAM – OMI/REMPEC a fourni les bases de données concernant le trafic commercial, les marées noires et autres accidents maritimes, ainsi que sur les ports. LE PNUE/PAM – Info/CAR a commencé à répertorier les bases de données sur le milieu méditerranéen et établi lesquelles d'entre elles pouvaient être informatisées de manière à définir les priorités dans le cadre de l'approche écosystémique. Ce processus a souligné les gros progrès qu'il restait encore à accomplir en matière de partage et de compatibilité des données et toutes les parties engagées dans la mise en place de l'approche écosystémique devraient travailler à relever ce défi.

15. La section III de cette évaluation est basée sur les rapports établis pour chaque sous-région et présente les meilleures informations disponibles concernant les caractéristiques environnementales, la qualité et les priorités des écosystèmes marins et littoraux de ces zones. La partie conclusive (section IV) expose les éléments communs aux quatre sous-régions et, se basant sur ceux-ci, distingue les priorités applicables à l'ensemble du bassin méditerranéen. Enfin, elle évoque brièvement les options envisageables pour les prochaines étapes du processus d'approche écosystémique.

16. La taille des écosystèmes à l'étude est tellement considérable que plus les échelles géographiques et sectorielles retenues sont grandes, plus fort est le besoin de créer un système hiérarchique pour intégrer les différents niveaux et maintenir les liens entre eux. Dans le cas du bassin méditerranéen, le découpage en quatre zones se justifie d'un point de vue pratique et opérationnel mais risque de susciter de nouvelles interrogations : faut-il considérer que ces régions sont biologiquement ou écologiquement distinctes ? Comment pallier les disparités régionales en matière de disponibilité des données et faire la somme de toutes les études pour obtenir une approche écosystémique réellement efficace ?

17. Bien que la collecte des informations ait été réalisée au niveau des sous-régions, les conclusions de l'évaluation initiale indiquent qu'il sera impératif de repérer systématiquement les menaces communes à toute la zone étudiée de façon à assurer les bases scientifiques nécessaires à une approche écosystémique. De cette façon, la définition des objectifs écologiques à l'échelle de l'ensemble du bassin (étape 4 de l'AE) et la détermination subséquente des objectifs opérationnels permettront aux pays méditerranéens de bâtir un plan de gestion écosystémique global. Les étapes 4 à 6 vont ainsi probablement voir l'effacement des démarcations sous-régionales établies à des fins pratiques, permettant l'instauration d'un système générant une information globalisée et fournissant les fondements scientifiques indispensables au processus de gestion. Cependant, au cours de l'étape finale de l'AE, le processus pourra n'être mis en œuvre que localement car certaines des réponses à apporter sont spécifiques à une sous-région, un pays, voire même à une zone particulière d'un état.

18. L'évaluation entreprise dans le but d'étayer une approche écosystémique n'est pas réalisable en une seule étape et résulte d'une démarche itérative. Ce rapport intégrant les premières conclusions ne constitue qu'une phase du processus d'évaluation, celle dédiée à l'estimation initiale de l'information disponible et à la définition des sous-régions basée sur les données existantes en matière de pollution, de qualité de la biodiversité et diverses autres caractéristiques écologiques, ainsi qu'à l'analyse des points communs à l'ensemble du bassin. Il doit être noté que, compte tenu l'accent mis au départ par la convention de Barcelone sur les problèmes de pollution et du fait des disparités existant dans les moyens et capacités des différents pays à produire des recensements réguliers, la qualité des données disponibles pour réaliser cette première estimation de l'état actuel de la zone d'étude et établir les priorités de gestion, est très inégale. Pour cette raison, les états méditerranéens se fondent sur les conclusions de cette évaluation initiale pour encourager à l'amélioration du système de collecte des données qui permettra aux autorités de gestion d'obtenir une meilleure information quant à l'état du bassin et à l'identification des menaces et de pouvoir ainsi définir les actions prioritaires.

19. Les évaluations futures utiliseront des outils méthodologiques standardisés permettant de déterminer la progression des menaces pesant sur l'écosystème (menaces liées directement ou indirectement aux activités humaines et considérées au regard des changements se produisant à plus grande échelle, comme ceux induits par les évolutions climatiques), d'étudier les modifications affectant les écosystèmes, la capacité de ceux-ci à fournir des ressources de qualité aux populations

et l'efficacité des modes de gestion existants. En d'autres termes, pour être en mesure de vérifier si le processus AE atteint ses objectifs, il sera nécessaire de compléter les connaissances de base sur le fonctionnement de l'écosystème, de documenter les ressources qu'il offre aux populations, les façons dont il est utilisé et les répercussions de cette utilisation ainsi que la portée du mode de gestion actuel. La section IV de ce rapport entame ainsi la discussion au sujet des options envisageables en matière de contrôle et d'évaluation pour répondre à la nécessité d'orienter la gestion du bassin méditerranéen dans une direction écosystémique plus efficace et concrète.

20. Ce processus d'évaluation initiale a aidé à pointer les caractéristiques communes à l'ensemble du bassin et à identifier les priorités sur lesquelles les étapes suivantes de l'AE devraient concentrer leur attention. Il a été également très utile pour mettre en évidence les lacunes en matière d'information. Bien que revu par les experts du GESAMP, ce rapport n'a pas été établi en vue d'une publication mais pour servir de base aux prochaines étapes du processus AE : la définition d'objectifs écologiques reflétant les problématiques de gestion communes à l'ensemble de la région méditerranéenne, la détermination des objectifs opérationnels, des indicateurs et des cibles qui aideront aux futures opérations de contrôle et prises de décision, ainsi que le développement de plans de gestion destinés aux différents niveaux concernés, sous-régionaux, nationaux ou locaux, et basés sur les informations fiables qui découleront du système de surveillance et d'intégration en cours de création.

## CHAPITRE 2. LES ÉCOSYSTÈMES MARINS ET LITTORAUX DU BASSIN MÉDITERRANÉEN : ÉTAT ET PRESSIONS, SUR LA BASE DES CONNAISSANCES DISPONIBLES

### 2.1. Présentation générale de l'écosystème à l'échelle régionale

#### 2.1.1. Caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du Bassin méditerranéen

21. La Méditerranée est une mer semi-fermée qui renferme un vaste ensemble d'écosystèmes marins et littoraux présentant des caractéristiques riches et variées. Pas moins de vingt et un pays d'Europe, du Moyen Orient et d'Afrique du nord bordent le pourtour méditerranéen (voir Figure 2.1 ci-dessous). La Méditerranée est connectée à l'océan Atlantique via le détroit de Gibraltar et à la mer Noire par l'intermédiaire des détroits du Bosphore (à Istanbul) et des Dardanelles (à Çanakkale) et de la mer de Marmara. De manière générale, en Méditerranée, les plateaux continentaux sont de faible étendue, les littoraux relativement étroits et les bassins versants de petite dimension (exception faite de quelques grands bassins hydrographiques dans la partie méridionale). La mer Méditerranée atteint des profondeurs de plus de 4000 mètres et le canal de Sicile, profond quant à lui de 400 mètres, sert de délimitation entre les parties occidentale et orientale du Bassin.

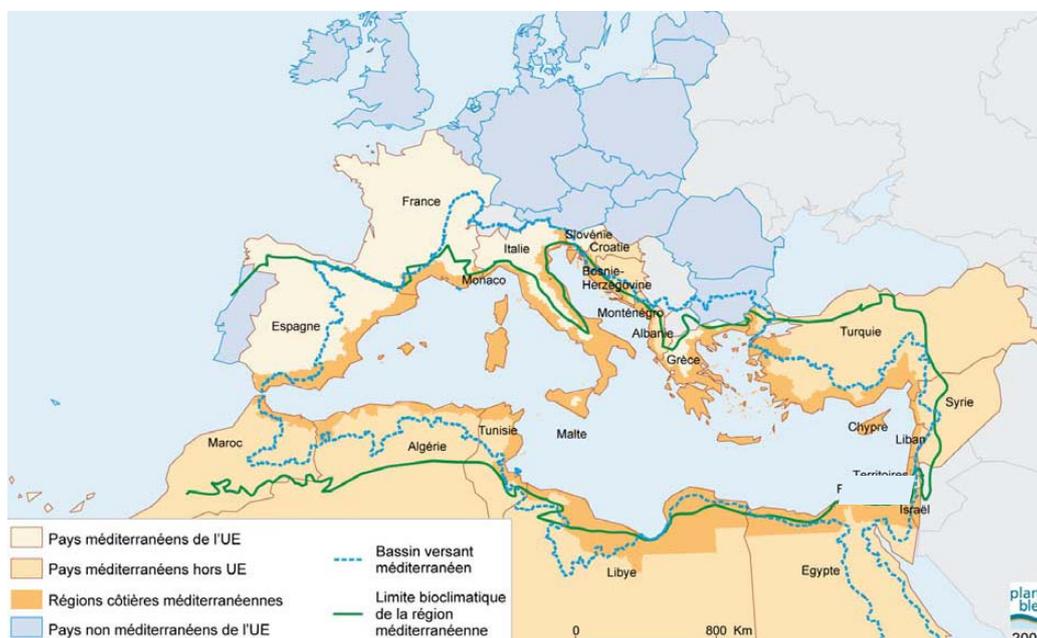


Figure 2.1. montrant les pays bordant la mer Méditerranée, les zones côtières (en beige foncé) et les principaux bassins hydrographiques (lignes en pointillés bleus) (PNUE/PAM – CAR/PB, 2009)

22. La Méditerranée est un milieu oligotrophique, pauvre en éléments nutritifs, dont la productivité primaire et la biomasse de phytoplancton sont faibles, des caractéristiques qui contribuent à la transparence de ses eaux et à la forte pénétration des rayons lumineux, facteurs qui ont rendu cette mer si belle aux yeux des hommes. Il existe cependant des zones où la productivité primaire est élevée, soit du fait de l'existence de systèmes atmosphériques frontaux et de remontées d'eau, soit par l'apport d'éléments nutritifs en provenance des bassins hydrographiques.

23. En termes climatiques, la Méditerranée se caractérise par des températures chaudes, des précipitations surtout hivernales, des étés secs et une profusion de microclimats dont l'existence est liée à des particularités environnementales locales (Ludwig et al., 2003). Les températures annuelles moyennes suivent un gradient prononcé du nord au sud, auquel se surimposent localement les effets orographiques. Les plus basses températures moyennes en dessous de 5 °C se retrouvent dans les hauteurs alpestres alors que les températures supérieures à 20 °C sont typiques dans la partie méridionale. Les précipitations annuelles moyennes présentent un gradient général décroissant du nord au sud. On trouve des valeurs de précipitations de 2 000 mm et plus dans les zones alpines et pyrénéennes où les fleuves Rhône et Èbre prennent respectivement leurs sources.

24. Le fort contraste observé entre les quantités de précipitations hivernales et estivales est la caractéristique majeure du climat méditerranéen. Ce contraste augmente du nord au sud et de l'ouest à l'est (Ludwig et al., 2003). Les précipitations ont lieu principalement durant l'hiver et l'automne alors que les pluies estivales excèdent rarement 10 % du total annuel. Les côtes espagnoles, françaises et italiennes connaissent typiquement leur plus fort niveau de précipitations en automne. Les fleuves Rhône et Èbre représentent à eux seuls 20 % des apports fluviaux en Méditerranée.

25. Des mesures altimétriques ont démontré que le niveau de la mer a changé au cours de la dernière décennie dans le Bassin méditerranéen. Durant les vingt-cinq dernières années, la température de surface de l'eau a augmenté dans toutes les mers européennes à un taux dix fois supérieur au taux moyen observé durant le siècle passé. Pendant la même période et dans le cas de la Méditerranée, ce réchauffement s'est produit trois fois plus vite que la moyenne globale. Les eaux des grandes profondeurs du Bassin occidental ont aussi connu de lentes évolutions depuis les années 1970 avec un accroissement des températures et des taux de salinité (Rixen et al., 2005) alors que la température en surface a quant à elle augmenté d'environ 1 °C en moyenne annuelle depuis 30 ans, principalement sous l'effet des températures hivernales plus chaudes. Par ailleurs, la densification de l'eau se produisant en hiver sur le plateau continental du golfe du Lion pourrait contribuer de manière significative à la modification des caractéristiques des abysses occidentaux.

26. Les processus hydrologiques sont très changeants, à la fois dans le temps et dans l'espace, en raison de la grande variabilité du régime des pluies, de l'influence de la topographie et de la distribution spatiale des terres et de l'utilisation des sols. Les variations temporelles des précipitations, d'une année sur l'autre et au cours d'une même année, sont une des caractéristiques de ce climat constitué d'une succession de périodes sèches et de crues qui peuvent affecter localement les taux de salinité. Le perfectionnement des détecteurs a permis l'observation de ces changements qui pourraient être liés au climat ou à une fluctuation d'origine naturelle associée au phénomène de l'oscillation nord-atlantique. Actuellement les températures et taux de salinité sont contrôlés de manière régulière et les données en provenance de divers détecteurs sont consultables en ligne (voir par exemple : GMES project, <http://www.gmes.info/index.php>; MOON project, <http://www.moon-oceanforecasting.eu/>) et dans les bases de données régionales et sous-régionales mises en place par tous les pays bordant le Bassin occidental (MEDAR project, <http://www.ifremer.fr/medar/>; <http://medar.ieo.es/>). Les figures 2.2 and 2.3 présentent les valeurs caractéristiques.

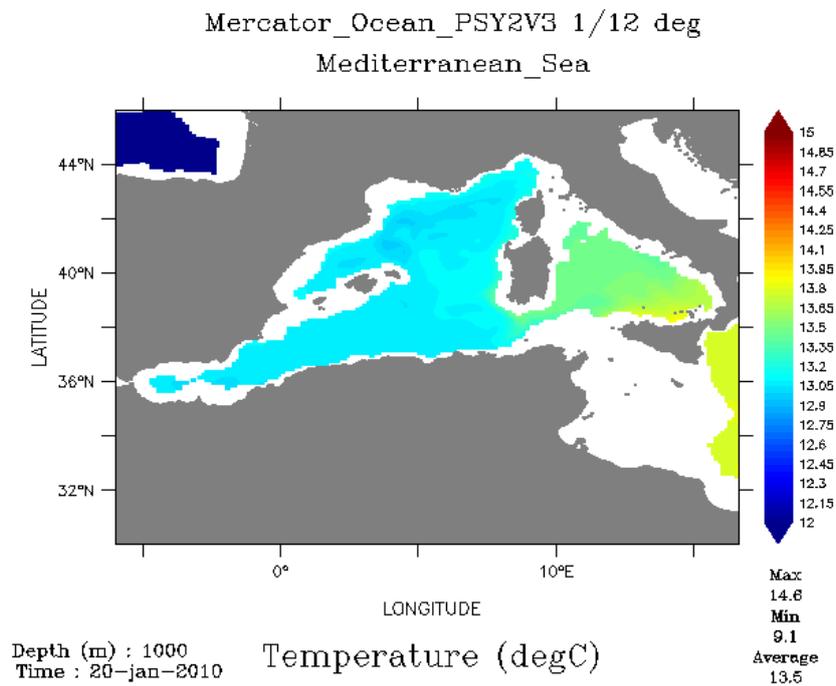
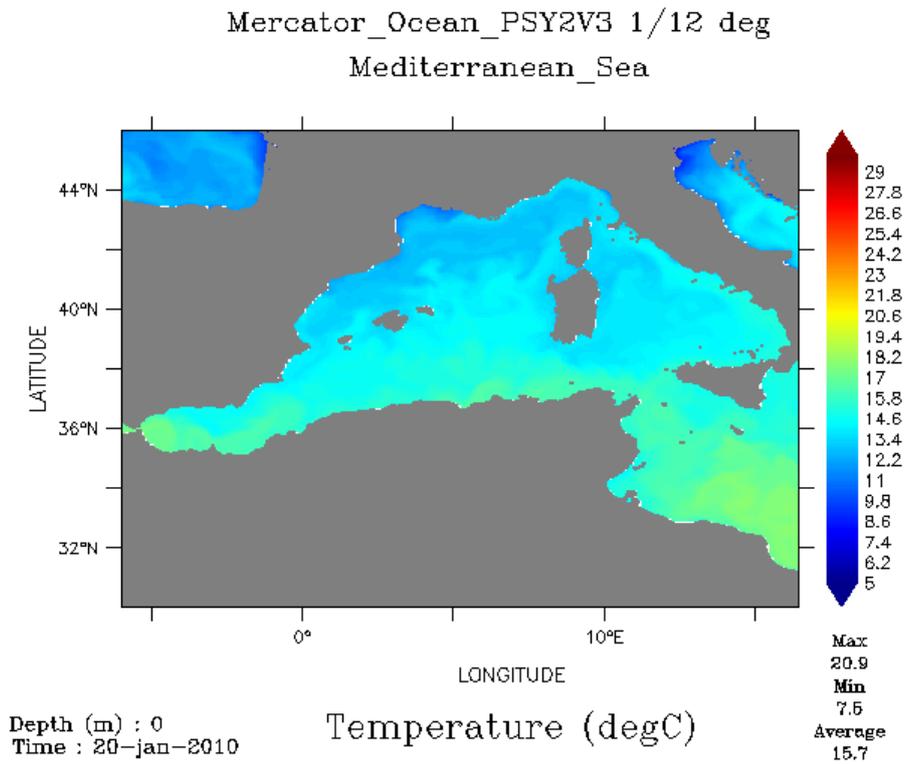


Figure 2.2 : Exemples de mesures des températures réalisées à l'échelle du Bassin occidental  
(<http://bulletin.mercator-ocean.fr/>)

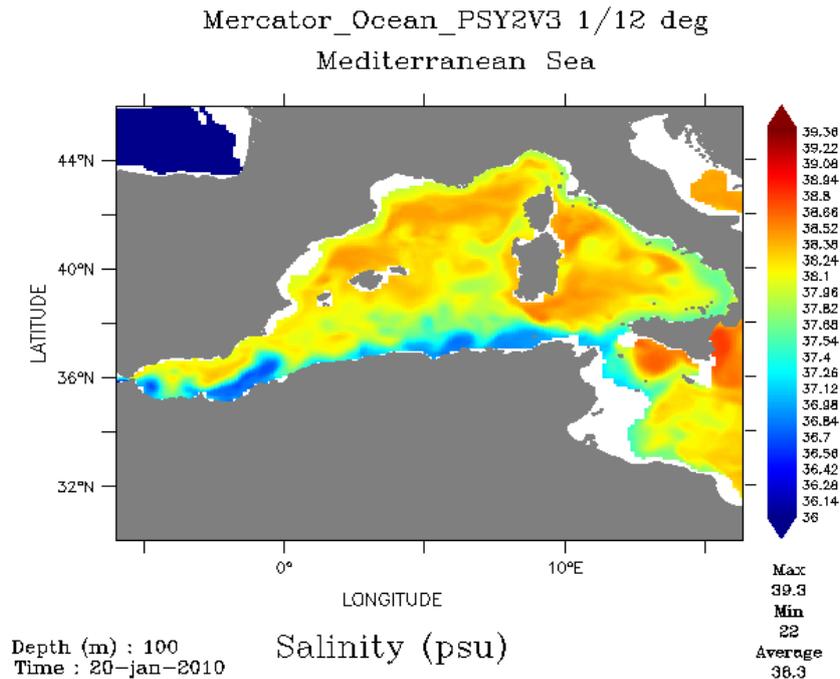


Figure 2.3: Salinité de surface du Bassin occidental (20/01/2010) et coupe de salinité sur une ligne Sète-Tunis (valeurs moyennes pour la période du 28/07 au 04/08/2009, <http://bulletin.mercator-ocean.fr/>)

27. La grande cellule de circulation thermohaline qui parcourt l'ensemble du Bassin se forme principalement sous les effets conjugués du déficit hydrologique de la Méditerranée et des flux de chaleur que rééquilibrent les échanges avec l'Atlantique au travers du détroit de Gibraltar. Ces entrées d'eau océanique en surface entraînent la formation et la propagation d'eaux intermédiaires plus profondes qui régissent ces mouvements thermohalins. Parallèlement à la circulation principale, plusieurs particularités locales caractérisent la circulation méditerranéenne, notamment les fronts et les gyres. L'eau atlantique est présente presque partout dans le bassin. Au détroit de Gibraltar le jet d'eau océanique provoque la formation de deux gyres anticycloniques dans la mer d'Alboran puis, sous la contrainte des facteurs bathymétriques, bifurque autour de la Sardaigne en se scindant en deux courants différents : le premier s'engouffre dans la mer Tyrrhénienne et est à l'origine de la vaste circulation cyclonique de la partie méditerranéenne nord-occidentale ; l'autre traverse le canal de Sicile et pénètre dans la mer Ionienne. L'eau en provenance de la mer Tyrrhénienne provoque un ample mouvement cyclonique dans toute la Méditerranée occidentale, le gyre central situé entre les îles Baléares et la Sardaigne étant la zone de convection profonde. La figure 2.4 présente les plus importants courants tandis que la figure 2.5 pointe les fronts permanents associés à la circulation thermohaline de cette région.

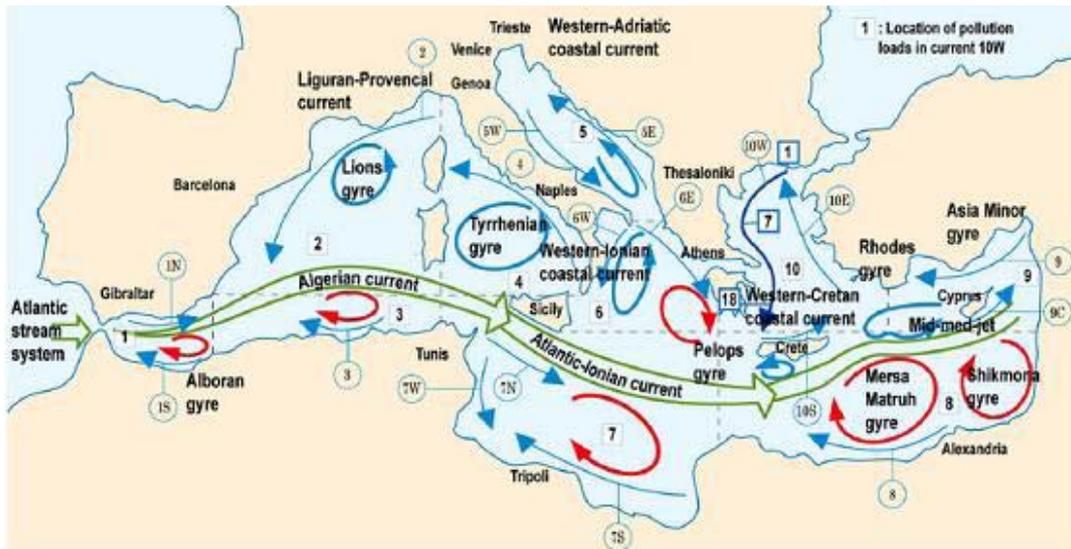


Figure 2.4. Les principales régions de la mer Méditerranée et les 18 courants côtiers (Repris de Stamou et Kamizoulis, 2009)

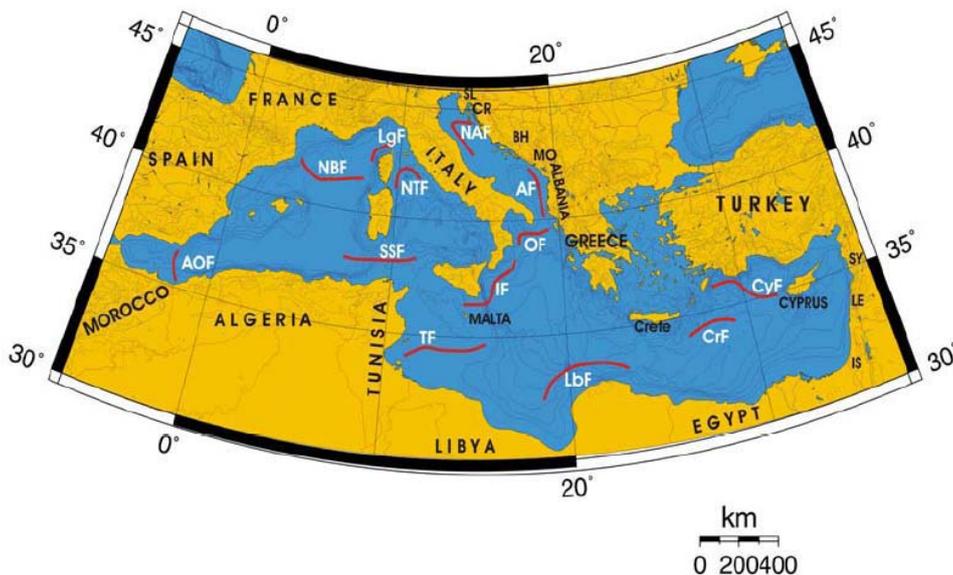


Figure 2.5: Les fronts de la mer Méditerranée (source : Belkin *et al.*, 2008, in *Sea Around Us*, 2009).  
AF= Albanian Front, AOF= Almeria-Oran Front, CrF= Crete Front, CyF= Cyprus Front, LbF= Libyan Front, LgF= Ligurian Front, NAF= North Adriatic Front, NBF= North Balearic Front, NTF= North Tyrrhenian Front, OF= Otranto Front, SSF= Sardinia-Sicily Front, TF= Tunisian Front. Countries : BH= Bosnia-Herzegovina, CR= Croatia, IS= Israel, LE= Lebanon, MO= Montenegro, SL= Slovenia, SY= Syria

### 2.1.2. Description des services écosystémiques

28. Les écosystèmes côtiers sont parmi les ensembles environnementaux les plus productifs de la planète, approvisionnant non seulement les chaînes alimentaires marines et terrestres mais fournissant également des services essentiels à l'humanité. Les communautés et industries côtières exploitent les ressources littorales de toutes sortes : pêche, bois d'œuvre, de chauffage et de construction, pétrole, gaz, minerais stratégiques, sable et autres produits naturels non vivants, ressources génétiques. En outre, les hommes utilisent les territoires maritimes de manière accrue pour le commerce des marchandises, l'établissement de domaines de sécurité, d'aquaculture, ainsi que la création de zones récréatives et même d'habitation. Les régions littorales offrent une grande diversité en matière d'opportunités d'emploi et, à l'heure actuelle, génèrent des revenus et agréments de vie supérieurs à ceux observés dans les terres.

29. Les écosystèmes côtiers rendent également d'autres services moins connus mais tout aussi importants pour les populations humaines. Les zones humides assurent le maintien des équilibres hydrologiques, réalimentent les réservoirs aquifères d'eau douce, préviennent l'érosion, régulent les crues et ont un effet tampon protégeant la terre des tempêtes. Les zones côtières et plateaux continentaux sont les sources de nombreux services de régulation qui garantissent la productivité et l'équilibre de la planète. Les plateaux continentaux comptent pour au moins 25 % de la productivité primaire globale, 90 à 95 % de la pêche maritime mondiale, 80 % de la production globale de carbonates, 50 % de la dénitrification à l'échelle planétaire et représentent la quasi-totalité (90 %) des processus sédimentaires et de minéralisation. Les services offerts par les écosystèmes littoraux sont nombreux au rang des facteurs d'appel qui ont au départ incité les hommes à venir s'installer sur les côtes et alimenté par la suite les mouvements migratoires en direction de ces zones. 40 % de la population mondiale vit désormais à l'intérieur de la fine bande littorale qui ne représente pourtant que 5 % de la surface terrestre totale, engendrant une dépendance accrue envers ces systèmes côtiers.

30. Les écosystèmes littoraux et marins de la Méditerranée offrent un ensemble complexe de services dont la valeur est clairement reconnue par les individus et communautés installés dans les zones côtières ainsi qu'en témoignent l'explosion démographique de ces dernières et l'exploitation croissante des ressources littorales. La dépendance envers ces milieux croît partout dans le monde et ce, malgré l'augmentation parallèle des coûts de réhabilitation et de restauration des écosystèmes côtiers abîmés. La taille des communautés humaines installées de manière permanente grandit, mais on observe également un accroissement des populations immigrées et de la fréquentation touristique.

31. Les écosystèmes méditerranéens alimentent de nombreuses pêches de capture en mer. Les zones littorales servent également de points d'ancrage aux entreprises de mariculture (aquaculture marine) qui utilisent l'espace côtier et dépendent des réserves sauvages pour leurs productions qui vont de l'huître au thon rouge. La consommation annuelle globale de fruits de mer per capita s'établit à 16 kilogrammes en moyenne et un tiers de ces produits provient de l'aquaculture. D'une manière générale, l'aquaculture représente le secteur de production alimentaire qui connaît la plus forte croissance, les taux exprimant les quantités et valeurs produites ont par exemple doublé entre 1989 et 1998. Les bénéfices tirés des ressources émanant de la production alimentaire d'origine méditerranéenne ont récemment été évalués à près de 3 milliards d'euros annuels (PNUE/PAM – CAR/PB)

32. Outre ces biens marchands et produits, les processus naturels et caractéristiques paysagères propres aux zones littorales offrent des services écosystémiques qui contribuent au bien-être des populations et ont une valeur économique significative. Ces aspects non quantifiables en terme monétaire pèsent souvent davantage que ceux dont la valeur est fixée par le marché. Ce que les gens apprécient le plus dans les zones littorales, — les aménités du milieu naturel (espaces ouverts, panoramas attractifs), l'existence de belles plages pour les activités récréatives, la présence d'une eau de haute qualité, la protection face aux tempêtes, le recyclage permanent des nutriments et l'épuration naturelle des déchets -, est ce qui caractérise les milieux de vie offerts par les systèmes côtiers. Espaces ouverts, proximité et propreté de la mer, plus paysages magnifiques, sont les attraits souvent cités en premier par les propriétaires de résidences et habitants de la frange littorale. La valeur de l'immobilier en zone côtière est en forte corrélation avec des facteurs tels que la qualité de l'environnement ambiant (proximité du rivage, par exemple, ou qualité de l'eau).

33. Ces valeurs des milieux côtiers sont également à l'origine d'une grande partie du tourisme maritime et littoral dans le monde. Le lien entre le nombre de visites touristiques, d'une part, la qualité du système littoral et les bénéfices qu'il génère, d'autre part, n'a pas encore été établi dans le contexte méditerranéen mais les études menées ailleurs démontrent une forte corrélation entre ces facteurs. Selon les estimations faites pour le Bassin, la valeur des milieux maritimes offrant des activités récréatives incluant le tourisme (bénéfices associés à la mise à disposition de commodités et du secteur récréatif) dépasse les 17 milliards d'euros (valeurs 2005, source : rapport 2010 du PNUE/PAM–CAR/PB).

34. Les écosystèmes marins de la Méditerranée jouent également un rôle important dans la séquestration du carbone et la régulation climatique. Le PNUE/PAM – CAR/PB a estimé la valeur annuelle de la séquestration du carbone dans les cinq écosystèmes marins étudiés à 2,219 milliards d'euros et on pense qu'il s'agit là d'une sous-estimation. Les valeurs d'autres services écosystémiques ont été chiffrées dans l'étude menée par le PNUE/PAM – CAR/PB : la valeur annuelle de la protection contre l'érosion côtière a été ainsi estimée à 527 millions d'euros et celle

d'assimilation des déchets à 2,7 milliards. La somme annuelle des cinq services analysés (produits de la pêche, récréation, régulation climatique, contrôle de l'érosion et traitement des déchets) a été évaluée en fourchette basse à plus de 26 milliards d'euros (PB, 2010).

35. En résumé, les services rendus par les écosystèmes sont d'une importance critique pour les milieux marins et côtiers, tout en contribuant également au bien-être des populations humaines. Des valeurs économiques substantielles peuvent être attachées à nombre de ces services. Le détail de ces valeurs est en train d'être étudié. Quelques-unes sont fournies dans le synopsis du travail d'évaluation du PNUE/PAM – CAR/PB décrit dans la section 2.2.

### 2.1.3. La biodiversité de la Méditerranée

36. La mer Méditerranée, probablement du fait qu'elle abrite sur son territoire un grand nombre de centres de recherches maritimes, est l'une des mers les plus étudiées du monde. Les estimations les plus récentes du nombre d'espèces marines méditerranéennes, tirées de la compilation de travaux antérieurs, donnent une fourchette de 10 000 à 12000 groupes différents (environ 8500 espèces de faune macroscopique, plus de 1300 espèces végétales et près de 2500 autres groupes taxonomiques (Zenetos et al., 2002 ; PNUE/PAM-CAR/ASP, 2003 ; Boudouresque, 2004 ; Bianchi, 2007 ; Briand & Giuliano, 2007 ; Boero, 2007 ; PNUE/PAM, 2009). Cela correspond, selon les groupes taxonomiques considérés, à 4 à 18 % des espèces marines connues dans le monde. Représentant respectivement environ 0,82 % de la superficie et 0,32 % du volume de la couverture océanique mondiale (Bianchi & Morri, 2000), la mer Méditerranée constitue l'un des 25 foyers de biodiversité reconnus à l'échelle planétaire. Cela vaut également pour le domaine continental du Bassin méditerranéen qui ne représente que 1,6 % de la superficie totale des continents mais renferme 10 % de la biodiversité mondiale.

37. Les points sensibles de la biodiversité sont caractérisés par des niveaux d'endémisme exceptionnellement élevés et l'atteinte de seuils critiques en matière de pertes d'habitats (Bianchi & Morri, 2000) et c'est donc sur ces deux aspects que se concentrent les efforts de conservation. L'endémisme se réfère aux groupes biologiques vivant exclusivement dans une zone géographique délimitée et son niveau élevé en Méditerranée est un autre trait marquant de la biodiversité du Bassin. Les taux d'endémisme méditerranéens sont supérieurs à ceux observés dans l'océan Atlantique (Bianchi & Morri, 2000). Au plan biogéographique, on trouve dans le biote méditerranéen de 55 à 77 % d'espèces atlantiques (présentes dans l'Atlantique et en Méditerranée), 3 à 10 % d'espèces pantropicales (en provenance des mers chaudes du globe), 5 % d'espèces lessepsiennes (originaires de la mer Rouge et qui ont pénétré en Méditerranée via le canal de Suez) et entre 20 à 30 % d'espèces endémiques. Ce taux d'endémisme, relativement élevé comparé à ceux d'autres mers et océans, varie en fonction du groupe taxonomique. Il est de 18 % pour les crustacés décapodes, de 27 % pour les hydres, de 40 % pour les rhodobiontes (algues), de 46 % pour les éponges, de 50 % pour les ascidies, de 90 % pour les oiseaux marins nidificateurs (Zenetos et al., 2002 ; Boudouresque, 2009). Il y a des espèces essentiellement néoendémiques comme les algues cystoseires (chromobiontes, straménopiles) dont plus de 30 espèces sont connues en Méditerranée, — 20 d'entre elles étant endémiques—, et, dans une moindre mesure, paléo-endémiques comme celles du groupe *Rodriguezella* (rhodobiontes, plantæ), le corail rouge *Corallium rubrum* (métazoaires, opisthocontes) et les herbiers de *Posidonie*.

38. Cette grande diversité biologique peut s'expliquer par les spécificités géomorphologiques et hydrologiques du Bassin méditerranéen, par son histoire géologique et par sa position intermédiaire entre les biomes tempéré et tropical qui lui permet d'accueillir à la fois les espèces à affinité chaude et les espèces à affinité froide (PNUE/PAM – CAR/PB, 2009).

39. La répartition de la flore et de la faune méditerranéenne est variable selon les bassins : 87 % des formes de vie connues en Méditerranée sont présentes dans le bassin occidental, 49 % dans l'Adriatique et 43 % en Méditerranée orientale. On observe cependant que de nombreuses espèces se retrouvent dans deux ou trois bassins (Boudouresque, 2009). De même, les espèces endémiques sont plus nombreuses en Méditerranée occidentale.

40. On estime qu'il existe environ 5942 espèces d'invertébrés benthiques en Méditerranée (622 éponges, 420 cnidaires, environ 500 bryozoaires, 1 000 annélides, 2000 mollusques, 154 échinodermes, 6 échiuriens, 3 priapulides, 33 siphoncles, 15 brachiopodes, 1 pogonophore, 4 phoronides, 5 hemichordates et environ 1935 arthropodes). Les différences dans la distribution spatiale de ces groupes taxonomiques sur le pourtour méditerranéen révèlent l'existence d'un gradient qui décroît d'ouest en est (Zenetos et al., 2003).

#### 2.1.4. Espèces emblématiques

41. Les espèces emblématiques sont les organismes qui attirent l'attention du public et sont donc utilisées comme symboles dans les campagnes de sensibilisation et de mobilisation. Ces espèces phares sont plutôt des mégavertébrés véhiculant une image charismatique, généralement les grands mammifères marins aux caractéristiques physiques attrayantes ou qui ont développé une organisation sociale intéressante. Dans le royaume marin, les espèces « vedettes » ne correspondent pas forcément aux icônes habituelles de « nounours chaleureux et doux » mais peuvent être des symboles de la vie maritime comme les requins ou le thon rouge. Ces organismes emblématiques sont parfois appelés « espèces-parapluie » car leur protection contribue par ricochet à celle des chaînes alimentaires et écosystèmes plus vastes dont elles sont les maillons.

42. Dans les espèces phares méditerranéennes, on trouve le phoque moine, le rorqual, le dauphin commun, le grand dauphin, la tortue caouanne, le thon rouge, entre autres, et de nombreuses espèces de requins sont aussi classées au nombre des espèces dont la situation est considérée comme préoccupante. Les organismes fréquentant les rives maritimes ont également une dimension emblématique et, en tant qu'espèces-parapluie, peuvent être intégrés aux actions de gestion en faisant le lien entre les terres littorales dont la fonction de zones de reproduction est importante et les aires maritimes d'alimentation. Toutes ces espèces, et beaucoup d'autres pouvant être considérées comme emblématiques, sont vulnérables aux menaces et pressions environnementales directes ou indirectes et nombre d'entre elles voient leur population décliner. Des plans d'action ont été mis en place pour certains groupes, comme les Élasmodontes.

#### 2.1.5. Populations de poissons de pêche

43. Dans de nombreuses zones littorales méditerranéennes, au rang desquelles se comptent les lagunes et les estuaires, la pêche constitue la plus importante activité d'exploitation des ressources maritimes. Dans les lagunes, les principales espèces de poissons présentant un intérêt commercial appartiennent aux familles des Sparidés, des Mugilidés, des Anguillidés et des Moronidés (Kapetsky & Lasserre, 1984) qui peuplent plus des trois quarts des lagunes méditerranéennes (Pérez-Ruzafa et al., 2010a). Cependant, d'autres espèces invertébrées sont utilisées à des fins commerciales, notamment les dépôts naturels de certaines catégories de mollusques.

44. Dans les zones côtières, l'abondance des ressources biologiques exploitées (poissons, crustacés, etc.) fluctue grandement en fonction de la profondeur des eaux. Mais le plateau continental, du fait de sa haute productivité biologique, demeure l'habitat préféré des espèces faisant l'objet d'une exploitation commerciale. La pêche en Méditerranée est, de nature, une activité essentiellement littorale et, aujourd'hui, la production halieutique oscille annuellement entre 1 500 000 et 1 700 000 tonnes, dont 85 % proviennent d'Italie, de Turquie, de Grèce, d'Espagne, de Tunisie et d'Algérie (PNUE/PAM – CAR/PB, 2009)

45. Les principales espèces de poissons exploitées dans les zones littorales sont la sardine (*Sardina pilchardus*) et l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) parmi les petits pélagiques, le merlu (*Merluccius merluccius*), le rouget (*Mullus spp.*), le merlan (*Micromesistius poutassou*), le poisson-pêcheur (*Lophius spp.*), la daurade (*Pagellus spp.*), le poulpe (*Octopus spp.*), le calamar, l'encornet (*Loligo spp.*) et la crevette rouge (*Aristeus antennatus*) dans la catégorie démersale, ainsi que les gros pélagiques comme le thon rouge (*Thunnus thynnus*) et l'espadon (*Xiphias gladius*). Ces espèces représentent 70 à 80 % du total des captures en Méditerranée. D'autres espèces sont cependant exploitées, notamment les invertébrés comme le corail rouge (*Corallium rubrum*), de nombreuses espèces d'éponges (*Spongia spp.*, *Hypospongia spp.*), ainsi que les bancs naturels de mollusques bivalves (*Lithophaga lithophaga*, *Acanthocardia spp.*, *Callista chione*, etc.).

46. La pêche commerciale exploite aussi les eaux profondes méditerranéennes, essentiellement à la recherche de crustacés décapodes. Les principales ressources biologiques exploitées sont la crevette rose du large *Parapenæus longirostris* et la langoustine *Nephrops norvegicus*, auxquelles sont associées d'autres espèces telles que les *Merluccius merluccius*, *Micromesistius poutassou*, *Conger conger*, *Phycis blennoides* et, dans une moindre mesure, *Lophius spp.* et le céphalopode *Todarodes sagittatus*. Les pêches les plus profondes (opérant à des profondeurs d'environ 400 à 800 mètres) se concentrent presque exclusivement sur les espèces de crevettes *Aristaeomorpha foliacea* et *Aristeus antennatus* (UICN-WWF, 2004). La surexploitation de ces zones de haute mer devient évidente et les populations de crevette montrent déjà les signes d'épuisement liés à cette ponction

excessive. Selon les sources et les lieux, l'état des réserves de l'espèce *Aristeus antennatus* montre soit un effondrement des populations (Ligurie : Orsi Relini & Relini, 1988), soit les signes d'une surexploitation (Carbonell et al., 1999), soit une sous-exploitation (Demestre and Leonart, 1993 ; Bianchini and Ragonese, 1994). La proportion de l'espèce *Aristaeomorpha foliacea* a fortement chuté dans les prises, un fait constaté dans de nombreuses régions (Golfe du Lion : Campillo, 1994 ; Golfe de Catalogne : Bas et al., 2003 ; mer Tyrrhénienne : Fiorentino et al., 1998) et est jugée en état de surexploitation dans les eaux italiennes (Matarrese et al., 1997 ; D'Onghia et al., 1998).

47. Les espèces visées par les pêches hauturières sont généralement celles dont les réserves se trouvent à cheval entre la haute mer et les zones littorales : poissons osseux, élaémobranches, crustacés, céphalopodes et grandes espèces migratoires de poissons pélagiques comme le thon et l'espadon, en particulier (PNUE/PAM – CAR/ASP, 2003). Dans les zones pélagiques de haute Méditerranée, la taille des populations de grands requins (c'est-à-dire les espèces *Mustelus mustelus*, *Scylliorhinus stellaris* et *Squalus blainvillei*) chute rapidement. Ces espèces sont menacées d'extinction du fait de la surpêche, de la dégradation de leur habitat et de leur faible taux de renouvellement. Cette situation est préoccupante car ces prédateurs jouent un rôle clef dans l'équilibre des écosystèmes de haute mer.

48. La majorité des eaux méditerranéennes sont des zones de haute mer. Ces dernières présentent une grande diversité d'habitats que ce soit dans leur partie pélagique ou dans le domaine démersal. Ces habitats de haute mer sont très peu renseignés, contrairement aux écosystèmes côtiers et aux plateaux continentaux, plus aisés à étudier, mais on dispose cependant d'une bonne connaissance de l'état des réserves des espèces commerciales qu'ils abritent grâce à l'analyse des prises de la pêche commerciale. La protection de la faune de ces milieux est vitale non seulement pour la pêche mais aussi dans une optique de conservation de l'écosystème car le bon état de ce dernier est tributaire de celui des organismes qui le constituent. La faune benthique sessile joue également un rôle important de structuration de ces habitats en offrant un refuge à de nombreuses espèces marines (les récifs coralliens d'eau froide, les éponges des grands fonds et les bancs à crinoïdes en sont quelques exemples).

49. Les profondeurs océaniques sont constituées de vastes zones sédimentaires dégagées, interrompues par des manifestations géologiques telles que les canyons sous-marins, les lacs de saumure, les promontoires marins, les événements hydrothermaux, les suintements froids et les volcans de boue, créant ainsi un habitat spécifique caractérisé par la richesse et l'endémisme des espèces. Nombre de ces habitats n'ont été que récemment découverts et doivent être protégés dans le cadre du Principe de précaution.

50. Les types de pêches démersales pratiquées dans les zones méditerranéennes de haute mer peuvent être résumés comme suit : chalutage par le fond, lignes de fond et filets à mailles. La pêche hauturière actuelle se pratique sur les plateaux continentaux et sur quelques talus, atteignant des profondeurs qui excèdent 800 mètres. Le chalutage par le fond est une pratique extrêmement nocive qui, en 2005, a été interdite sur les fonds marins méditerranéens d'une profondeur supérieure à 1 000 mètres dans le souci de protéger la faune très vulnérable des grands fonds.

51. Au sein des habitats benthiques des grands fonds méditerranéens, les éléments les plus vulnérables face aux pratiques de la pêche commerciale sont les faciès coralligènes, l'échinoderme crinoïde *Leptometra phalangium* ainsi que les cnidaires *Funiculina quadrangularis* et *Isidella elongata*. Ces faciès constitués d'organismes sessiles ont jusqu'à présent été observés sur les plateaux continentaux et dans les crevasses des talus continentaux du bassin occidental mais la localisation et l'étendue de ces habitats à l'échelle de l'ensemble de la région sont des données encore très peu connues.

52. Dans les grands fonds, nombreuses sont les zones qui présentent une abondance considérable de récifs coralliens à eau froide, des constructions particulièrement vulnérables qui se trouvent principalement sur les pentes continentales, les promontoires rocheux et les parois des canyons sous-marins (par exemple, au large du cap Santa Maria di Leuca, dans le bassin central, et dans les nombreux canyons et promontoires rocheux de la mer d'Alboran, dans la partie occidentale). Plusieurs plaines abyssales, pourvues d'une faune de haute mer très fragile et largement méconnue, existent en Méditerranée, les plus profondes se trouvant dans le bassin central (par exemple, la plaine Calypso dans la mer Ionienne, au sud-ouest de la Grèce). La pêche commerciale menace également d'autres types de formations géologiques, peut-être encore plus vulnérables parce qu'elles sont des

régions-clés en matière de diversité et qu'elles sont, de surcroît, l'habitat d'une faune fragile, à l'image des récifs coralliens à eau froide. On citera l'imposant mont Ératosthène dans le bassin oriental (au sud de Chypre) et les nombreux autres monts sous-marins dispersés dans la mer d'Alboran et dans la partie méridionale de la mer Tyrrhénienne, ainsi que les suintements froids, bassins de saumure et manifestations hydrothermales qui ont été principalement observés dans le bassin oriental de la Méditerranée (au sud de Chypre, en Turquie et près de l'Égypte). Il y a dans le bassin occidental méditerranéen de nombreux canyons sous-marins qui sont classés comme habitats halieutiques essentiels ("EFH", selon la nomenclature de la NOAA) pour la crevette rouge, tout comme les nombreux canyons du golfe du Lion qui contiennent d'amples ressources de crevette rouge, de langoustine, de merlu et de poisson pêcheur, pour citer quelques exemples parmi les espèces commercialement importantes. Les nourriceries de merlus sont localisées principalement dans les vastes étendues de plateaux continentaux ou de rivages disséminées dans la partie méridionale de la Sicile, la partie centrale de la mer Adriatique (rift de Jabuka) et dans la mer de Thrace, alors que les frayères de cette espèce semblent plutôt se trouver dans les canyons et les fossés qui séparent un talus continental d'un autre, le plus évident étant celui du golfe du Lion.

53. Les grandes espèces pélagiques qui peuplent les zones de haute mer, principalement le thon rouge de Méditerranée, l'espadon et le germon, ainsi que les types de requins caractéristiques de ces eaux (requin bleu et requin-taupe) ont un grand intérêt en termes de préservation du milieu et sont depuis longtemps victimes de surexploitation du fait des techniques de pêche hauturière employées. Les principaux outils utilisés pour la capture des gros poissons pélagiques sont les sennes et les palangres pélagiques. Les bateaux utilisant les palangres pélagiques pour pêcher en Méditerranée viennent des pays limitrophes mais de grosses flottes commerciales étrangères sont également présentes : ces dernières sont extrêmement mobiles et couvrent l'entièreté du bassin méditerranéen. En 2005, l'usage des filets dérivants a été interdit en Méditerranée mais cette pratique persiste malgré tout. La zone de haute mer est également l'habitat d'espèces de cétacés et de tortues en voie de disparition qui constituent fréquemment les prises accessoires de la pêche hauturière et requièrent une protection particulière. Les EFH primordiaux pour les grands poissons de haute mer sont essentiellement déterminés par les occurrences océanographiques, comme les phénomènes de remontée d'eau ("upwelling") ou les gyres, qui créent des aires de production indispensables à l'alimentation et au frai des espèces. Ces zones qui font office d'habitats essentiels (EFH) doivent être identifiées pour permettre la mise en place de mesure de protection des espèces pélagiques. Les principales frayères du thon rouge en Méditerranée ont été localisées au sud des îles Baléares, dans la mer d'Alboran ainsi que dans le canal de Sicile et coïncident partiellement avec celles utilisées par le germon, alors que les zones de reproduction de l'espadon sont disséminées à peu près partout dans le bassin.

54. La lourdeur des prélèvements effectués dans les ressources halieutiques par la pêche commerciale en Méditerranée a conduit à leur surexploitation ou, dans les meilleurs des cas, à une utilisation optimale (PNUE/PAM – CAR/ASP, 2003). Un bon indicateur de cette situation est la forte proportion d'éléments jeunes observée dans plusieurs stocks d'espèces-cibles méditerranéennes. Quelques-unes de ces espèces-cibles les plus menacées par la pêche sont l'anguille (*Anguilla Anguilla*), le mérrou (*Epinephelus marginatus*), le corb (*Sciaena umbra*), le thon rouge (*Thunnus thynnus*), le germon (*Thunnus alalunga*), l'espadon (*Xiphas gladius*), le rouget de vase (*Mullus barbatus*), le rouget-barbet de roche (*Mullus surmuletus*), la cardine quatre taches (*Lepidorhombus boscii*), la cithare (*Citharus linguatula*), le merlu (*Merluccius merluccius*), la bonite à dos rayé (*Sarda sarda*), plusieurs poissons cartilagineux, des espèces de crustacés comme *Homarus gammarus*, *Palinurus elephas* et *Scyllarides Latus*, quelques éponges (par exemple, *Hypospongia communis*, *Spongia spp.*), le corail rouge (*Corallium rubrum*). La surpêche a également provoqué des changements dans l'écologie des zones littorales comme les lagunes côtières. Les effets de cette surexploitation sont examinés ci-dessous, pour chaque catégorie d'habitat.

#### **2.1.6. Caractéristiques et état des grands types d'habitat**

##### *Diversité de l'habitat côtier : dunes de sable*

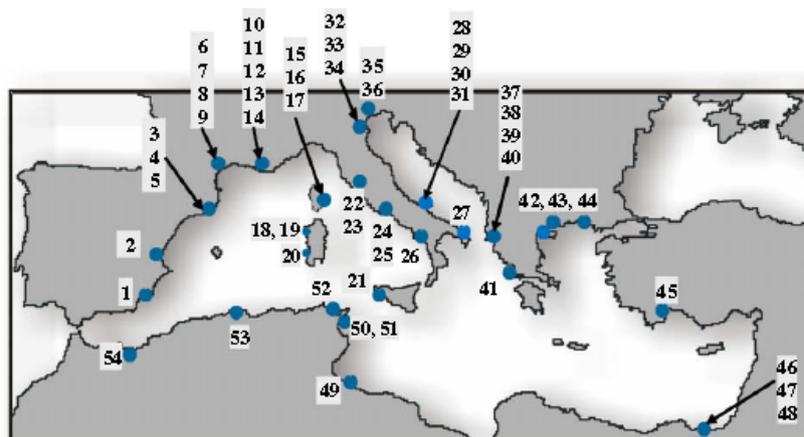
55. Les dunes de sable et les zones humides du littoral abritent une grande variété d'espèces. Les dunes ont un rôle primordial dans la préservation des plages et la protection des forêts, des communautés biologiques et des constructions installées derrière elles. Divers types de dunes existent en Méditerranée : blanches, grises, etc. On estime que, depuis les années 1900, date à laquelle le phénomène a commencé à devenir préoccupant, plus de 70 % d'entre elles ont disparu et

peu sont demeurées intactes. Les dunes sont les habitats exclusifs de nombreux animaux (gastéropodes, arthropodes, reptiles, etc.) et espèces végétales. Ce sont des écosystèmes extrêmement fragiles abritant une flore endémique considérable. Un tiers de la flore dunaire est endémique au Bassin méditerranéen. La végétation indigène des dunes de cette région est menacée par l'invasion d'espèces exotiques, telle l'oyat (*Ammophila arenaria*) qui a été introduite pour stabiliser les dunes. Les aménagements des dunes, particulièrement aux fins de développement du tourisme balnéaire, sont une menace indéniable à la pérennité de ces formations dans de nombreux pays méditerranéens.

*Diversité de l'habitat côtier : zones humides du littoral, estuaires et lagunes*

56. Les zones humides, particulièrement les lagunes, les estuaires et les deltas, ont des caractéristiques physiques, économiques et sociales qui s'apparentent à celles de n'importe quelle zone côtière. Ce sont des écosystèmes extrêmement dynamiques et de forte productivité. Ces eaux de transition se caractérisent en général par la pauvreté de leur biodiversité et contiennent des espèces bien adaptées aux changements brutaux et stressants de leur environnement (Elliott & Quintino, 2007). Ces zones aquatiques intermédiaires rendent d'importants services, combattant les crues, stabilisant les rivages, conservant les sédiments et les éléments nutritifs, réduisant localement les variations climatiques, préservant la qualité de l'eau et agissant comme des réservoirs de biodiversité et de biomasse, services auxquels il faut ajouter leur valeur culturelle, récréative et touristique (Levin et al., 2001). Leur valeur économique potentielle dépasse 22000 dollars à l'hectare par an (Constanza et al., 1997). Sur les côtes de la Méditerranée, les plus vastes zones humides sont les deltas des grands fleuves tels que le Pô (Italie), le Nil Égypte), le Rhône (France) et l'Èbre (Espagne). Des marées de faible amplitude associées à des courants peu rapides ont favorisé la création de systèmes lagunaires (Britton & Crivelli, 1993 ; Ibanez et al., 2000 ; De Stefano, 2004).

57. Les estuaires méditerranéens et lagunes côtières offrent une grande diversité d'habitats aux nombreuses espèces recensées. Les plus grandes lagunes sont localisées sur la figure 2.6. Elles servent de frayères et d'aires d'alimentation pour nombre de poissons littoraux. Ces milieux présentent une riche biodiversité. Il existe plus de 621 plantes macrophytes et 199 espèces de poissons dans les lagunes atlantico-méditerranéennes (Pérez-Ruzafa et al., 2010a). En Méditerranée, il y a plus de 50 lagunes dont les données hydrologiques et écologiques sont disponibles dans la littérature scientifique (Pérez-Ruzafa et al., 2010b) mais il ne s'agit là que des lagunes les plus connues (Figure 4). En Grèce, on recense l'existence d'au moins 40 lagunes dévolues à l'aquaculture (Schmidt & Spagnolo, 1985). Sabetta et al. (2007) a établi une liste de 26 lagunes pour la seule Italie, l'île sarde non incluse.



1 Mar Menor	15 Biguglia	29 Margherita de Savoia	43 Vistonis
2 Albufera	16 Diana	30 Lesina	44 Porto-Lagos
3 Encañizada	17 Urbino	31 Varano	45 Koycegiz-Dalyan
4 Tancada	18 Cabras	32 Scardo vari	46 Bardawil
5 Buda	19 Mistas	33 Comacchio	47 Manzala
6 Thau	20 S'Ena Arrubia	34 Pialassa Baiona	48 Burullus
7 Salses-Leucate	21 Stagnone di Marsala	35 Venecia	49 Biban
8 Vaccarès	22 Burano	36 Sacca di Goro	50 Korba
9 Canet-Saint-Nazaire	23 Orbetello	37 Patok	51 Kélibia
10 Arnel	24 Fogliano	38 Butrinti	52 Tunis
11 Berre-Vaine	25 Caprolace	39 Karavastas	53 Mellah
12 Prevost	26 Fondi	40 Narta-Valona	54 Mar Chica
13 Mejean	27 Alimini	41 Messolongui	
14 Mauguio	28 Cesine	42 Agiasma	

Figure 2.6: Principales lagunes littorales du Bassin méditerranéen dont les données hydrologiques, géomorphologiques et écologiques sont disponibles dans la littérature scientifique (Pérère-Ruzafa *et al.*, 2010b)

58. Les lagunes méditerranéennes ne présentent pas toutes les mêmes caractéristiques en termes de biodiversité (nombre d'espèces) et de processus écologiques et cette variabilité est principalement fonction de la taille des lagunes, de leur degré de communication avec la mer et de l'état trophique de la colonne d'eau (Pérère-Ruzafa *et al.*, 2007). Dans chaque lagune, les assemblages benthiques ne sont pas homogènes et présentent des différences tributaires du type de substrat et du zonage vertical, comme dans toute communauté marine. L'organisation spatiale des communautés, leur richesse spécifique, phytoplanctonique ou benthique, la productivité et la biomasse algale dépendent du gradient de confinement lui-même déterminé par la distance de communication avec la mer et le taux de renouvellement de l'eau lagunaire ou le degré de colonisation à l'intérieur de chaque site (Guelorget et Perthuisot, 1983 ; Mariani, 2010 ; Pérère-Ruzafa & Marcos, 1992, 1993). Cependant le confinement n'est pas le principal facteur qui conditionne la répartition des espèces végétales, ce qui suggère que les gradients verticaux des variables environnementales, le type de substrat, le rayonnement, les phénomènes hydrodynamiques et le stress créé par la fluctuation des paramètres environnementaux sont des facteurs plus importants dans la structuration des communautés algales que le taux de colonisation ou la dispersion liée au confinement (Pérère-Ruzafa *et al.*, 2008). Les lagunes côtières sont réputées pour leur richesse en sels nutritifs. La production primaire y est bien plus élevée que dans la mer. Les invertébrés benthiques présentent des densités relativement faibles dans l'environnement lagunaire euryhalin et eurytherme (lagunes d'une profondeur inférieure à 3 mètres) mais, au sein des communautés benthiques plus profondes, formées dans des conditions calmes et sur des sables silteux, on observe une plus grande variété d'espèces.

59. Il y a très peu de poissons résidents dans les lagunes méditerranéennes, c'est-à-dire de poissons y passant leur cycle de vie complet. Le mullet, l'anguille, le bar, la daurade royale, la sardine, le sar commun, la bogue, la saupe et la sole sont des espèces migratoires communes aux lagunes alors que l'oblade, le rouget, le maquereau, le chinchard, l'anchois et le grondin ne migrent qu'occasionnellement. Le siphonostome, le syngnathe, l'hippocampe, le gobie, le crénilabre cendré, le crénilabre mélops, la blennie paon et l'atherine sont des espèces résidentes communes.

60. La biomasse macroalgale des milieux lagunaires est généralement élevée. Une avifaune riche et variée utilise ces écosystèmes pour faire des haltes ou comme sites d'hivernage car elle y trouve des conditions écologiques favorables. De nombreuses lagunes côtières figurent désormais sur la liste de la convention de Ramsar comme sites d'importance mondiale pour les oiseaux.

#### *Zones littorales néritiques*

61. Dans les eaux littorales de la Méditerranée, la distribution de la faune et de la flore diffère grandement selon la distance à la côte, la longitude et la profondeur. La biodiversité marine se concentre essentiellement près du bord de mer (entre 0 et 50 mètres) qui contient près de 90 % des plantes marines connues et 75 % des espèces de poissons du Bassin. La flore photosynthétique disparaît entre 50 et 200 mètres de profondeur (intervalle variable selon la région et la transparence de l'eau).

62. L'élément phytoplanctonique reste peu étudié dans de nombreux pays méditerranéens. La production primaire est en moyenne trois fois plus basse dans le bassin oriental que dans la partie occidentale (Tutley 1999 in Zenetos et al., 2002) (Fig. 5). Dans la zone euphotique, la production primaire se chiffre respectivement à 40, 78 et 155 (mgC/m<sup>2</sup>) dans les bassins oriental, central et occidental. Le niveau médiocre de production primaire observé, associé au faible développement des maillons supérieurs de la chaîne trophique, incluant une pénurie de poissons, sont les principaux facteurs qui caractérisent cette mer. Quelques 470 espèces de zooplancton ont été répertoriées en Méditerranée (eaux littorales et du large). L'abondance de la biomasse zooplanctonique témoigne de l'accroissement oligotrophique constaté de l'ouest à l'est du Bassin.

63. Les systèmes benthiques côtiers sont mieux étudiés. Le plateau continental méditerranéen se caractérise par l'importance et la richesse des habitats benthiques. Les outils méthodologiques élaborés par le Centre d'activités régionales pour les aires spécialement protégées (PNUE/PAM – CAR/ASP) ont permis d'établir une liste de référence des 27 principaux types d'habitats benthiques afin d'aider les pays méditerranéens à dresser les inventaires des sites naturels d'intérêt pour la conservation (PNUE/PAM – CAR/ASP, 2002). Le programme PAS BIO (PNUE/PAM – CAR/ASP, 2003) a mis au nombre de ses actions prioritaires la réalisation d'un inventaire exhaustif des habitats méditerranéens, incluant la cartographie de leur distribution spatiale et l'identification des cohortes d'espèces associées à chaque habitat.

64. La macroflore marine méditerranéenne est estimée à environ 1 000 espèces macroscopiques dont cinq sont des phanérogames marines. Elle se rencontre généralement dans les zones peu profondes qui constituent moins de 10 % de la superficie de la Méditerranée. Près du rivage, à l'étage médiolittoral, on trouve des encorbellements à *Lithophyllum byssoides* (*L. Lichenoides*, par exemple) tandis que l'étage infralittoral abrite des herbiers à *Posidonies* et des forêts de *Fucales* (biocénoses à *Cystoseira*) et que le coralligène se développe à l'étage circalittoral (Zenetos et al., 2002 ; Boudouresque, 2004). D'autres habitats littoraux incluent les plateformes à *Vermets* et les concrétions de *Neogoniolithon brassica-florida* (Boudouresque, 2004) (voir ci-dessous).

#### *Les herbiers marins*

65. Les herbiers marins à *Posidonie* sont considérés comme l'un des plus importants écosystèmes de la mer Méditerranée. Les plus étendus sont ceux du golfe de Gabès (Tunisie), des baies d'Hyères et de Giens (France), de la côte est de la Corse et des littoraux occidentaux sardes et siciliens (Boudouresque, 2004). Les herbiers sont présents sur la plupart des rivages méditerranéens (à l'exception de ceux d'Israël, de la Palestine et, peut-être, du Liban). Les rapports nationaux suggèrent que la *Posidonie* se développe aussi en Albanie (baie de Vlora sur l'Adriatique)(Dedej, 2010), en Algérie [El Tarf (El Kala), Annaba (Cap de Garde), Jijel (Kabyle Bank, Aouana), Tizi Ouzou (Sidi Slimane, Tigzirt District), Boumerdès, Alger (Sidi Fredj, Ain Benian, Raïs Hamidou, Ras Matifou), Tipaza (Kef El Haouaci, crique de Mostaganem), Kef El Aoua, Kef El Asfer, Kef Oumer, Kef Bou Ghetar, Ras Ouillis (Sidi Abdelkader, Kef Kharouba), Oran (Baie des Andalouses), Témouchent (Rachgoun), Tlemcen (crique de Ras Tarsa, Baie de Honaine, Ioubar Damah, île Ronde, crique de Sidi Madani)] (Grimes, 2010), en Égypte, où les herbiers de *Posidonie* semblent plus fournis dans la partie occidentale du pays que ceux observés dans la région d'Alexandrie (Halim, 2010), en mer Égée et en mer Ionienne où ils sont apparemment très courants (Zenetos *et al.*, 2010a), en Libye (Baie de Bamabah, Farwa, Ain Elghazala and El-Bardyya, Baie d'Al Elghazalaha) (Shakhman, 2010) et au Maroc, près des îles Chafirin (Bazairi, 2010). En Syrie, la *Posidonie* est probablement en voie d'extinction mais l'on pense qu'il y subsiste quelques herbiers de faible importance (Ibrahim, 2010).

66. Les herbiers de *Cymodocea nodosa* sont, après ceux de Posidonie, le deuxième plus important habitat de prairies sous-marines en Méditerranée. L'espèce n'y est pas véritablement endémique puisqu'on la trouve aussi sur les façades maritimes atlantiques, du Maroc au Sénégal. Dans le cadre du processus d'approche écosystémique, sa présence a été signalée en Albanie (Kasmil, Baies de Saranda et de Vlora) (Dedej, 2010), en Algérie (Grimes, 2010), en Bosnie-Herzégovine (Baie de Neum-Klek mais sur une étendue restreinte) (Vučijak, 2010), dans les mers Égée et Ionienne où elle est courante sur les substrats meubles (Zenetos *et al.*, 2010a and b), en Libye (Baie d'Al Elghazalaha) (Shakhman, 2010), en Slovénie (Lipej & Mavrič, 2010), en Syrie (zone d'Ibn Hani, site d'Oum Altieur) (Ibrahim, 2010) et en Tunisie (Romdhane, 2010).

67. On rencontre également en Méditerranée des prairies formées par une autre herbe marine, la *Zostera marina*. C'est une espèce répandue dans tout l'hémisphère nord mais qui, en Méditerranée, est rare et ne pousse que dans des zones très localisées (principalement dans la partie nord-ouest de l'Adriatique et en mer Égée). Sa présence a été signalée en Algérie, à Bou Ismail (Grimes, 2010), au Maroc, dans la lagune de Nador (Bazairi, 2010) et en Bosnie-Herzégovine (Vučijak, 2010). De la même façon, les herbiers à *Zostera noltii*, — très courants dans l'Atlantique nord, depuis la Suède jusqu'aux côtes mauritaniennes —, sont plus rares en Méditerranée et très localisés (Bassin occidental, Adriatique, Grèce et Égypte). Cette herbe marine est présente en Algérie, sur la côte de Mostaganem (Santa & Simonet, 1961), au Maroc, dans les lagunes de Smir et Nador (Bazairi, 2010), en Syrie (Ibrahim, 2010) et en Bosnie-Herzégovine (Ibrahim, 2010). Enfin, on rencontre aussi des herbiers à *Halophila stipulacea* mais sur des étendues spécifiques très restreintes. Il en existe en Grèce (Zenetos *et al.*, 2010a and b), en Syrie (Ibrahim, 2010), en Tunisie dans le golfe de Gabès (Romdhane, 2010) ainsi que dans le port de Palinuro (Salerne, mer Tyrrhénienne, Italie centrale).

68. Considérés dans leur ensemble, ces habitats d'herbiers figurent parmi les écosystèmes les plus productifs de l'environnement marin. Leur valeur économique est estimée à plus de 15 000 euros par hectare, une valeur cent fois supérieure à celle de leurs équivalentes terrestres (PNUE/PAM – CAR/PB, 2009). Les cinq espèces de phanérogames marines évoquées ci-dessus (*Cymodocea nodosa*, *Halophila stipulacea*, *Posidonia oceanica*, *Zostera marina* et *Zostera noltii*) composent de vastes prairies sous-marines situées à une profondeur allant de 0 à 50 mètres, dans les lagunes et en haute mer. D'une manière générale, les données disponibles sur ces habitats sont très hétérogènes, voire absentes dans certains pays. Les efforts pour cartographier ces herbiers se sont principalement limités au Bassin occidental.

#### *Les communautés coralligènes*

69. Les communautés coralligènes, constructions biogéniques formées par des organismes producteurs de carbonate de calcium, se classent au deuxième rang des points les plus sensibles identifiés dans la biodiversité des espèces méditerranéennes (Boudouresque, 2004). Très récemment, les habitats coralligènes et autres bioconcrétions (populations précoraligènes, plateaux coralliens, associations avec rhodolithes (faciès du Maërl, faciès à pralines, faciès à *Lithothamnion minervæ*), association à *Peyssonnelia rosa-marina* (faciès à *Peyssonneliaceæ libres*) et grand faciès à bryozoaires des fonds détritiques littoraux) ont fait l'objet d'un recensement régional dont le but était d'établir l'état des connaissances actuelles à leur sujet et de cartographier la distribution géographique de ces habitats à l'échelle méditerranéenne (PNUE/PAM – CAR/ASP, 2009c). Les données disponibles montrent que ces habitats sont le mieux étudiés dans la partie occidentale du Bassin et, dans une moindre mesure, en mer Ionienne. Il existe peu d'informations pour les mers Adriatique et Égée et les régions levantines. Bien que relativement répandues en Méditerranée, les données sur les communautés coralligènes sont principalement de nature qualitative et leurs habitats n'ont été cartographiés que dans la partie occidentale du Bassin. La présence de communautés coralligènes a été relevée en Tunisie (de El Haouaria à La Chebba) (Romdhane, 2010), en Israël (au nord de la baie de Haifa) (Galil, 2010), en Algérie, sur de nombreuses bandes côtières algériennes, mais principalement à El Kala, Taza, Gouraya, Habibas, Rachgoun et Mostaganem (Grimes, 2010), dans la Principauté de Monaco, essentiellement le Tombant à corail de la réserve marine des Spélugues (15-40 m), le rocher de Saint-Nicolas (à 50-70 m au large du port de Fontvieille) et plus loin en mer, dans les eaux peu profondes de Saint-Martin (50 à 70 mètres) (Pérès *et al.*, 2010) ainsi qu'au Maroc (Sebta, Ben Younech, Cabo Negro, Jebha, Al Hoceima National Park, Cap des Trois Fourches, îles Chafarin) (Bazairi, 2010).

### Les forêts à *Cystoseires*

70. Les forêts à macroalgues du genre *Cystoseires* peuvent occuper de vastes zones dans les écosystèmes marins où elles forment des communautés hautement productives avec une remarquable biodiversité. Les algues *Cystoseires* connaissent un processus de spéciation qui explique la présence de nombreuses variations au sein de la même espèce. Qui plus est, elles présentent une grande variabilité morphologique. Des forêts de première importance ont été signalées au Cap Mitjá et au Cap d'en Roig (Costa Brava, Espagne : *C. mediterranea*), à Harri Bolas (Vizcaya, Espagne : *C. baccatta* and *C. tamariscifolia*), à Tuzla-Vama (Roumanie : *C. barbata*), dans la mer Noire (*C. crinite*), dans le parc national de Port-Cros (France : *C. zosteroides*), à Porto Cesareo (mer Ionienne, Italie : *C. amentacea*, *C. barbata* et *C. compressa*), autour de l'île d'Alboran (Espagne : *C. amentacea*, *C. tamariscifolia*, *C. mauritanica*, *C. foeniculacea*, ou *C. usneoides*), autour de l'île Verte (Bouches du Rhône, France : *C. foeniculacea* et *C. sauvageauana*), dans le golfe d'Evoikos (Grèce : *C. amentacea*), dans la baie de Biscay (Espagne : *C. baccatta*, *C. humilis*, *C. tamariscifolia* et *C. usneoides*), à Torre del Serpe (Apulie, Italie : *C. squarrosa*), en Corse (France : *C. spinosa*, *C. amentacea* et *Sargassum vulgare*), autour de l'île Linosa (Sicile, Italie : *Cystoseira brachycarpa*, *C. sauvageauana*, *C. spinosa*, *C. zosteroides*, *Sargassum acinarium* et *S. trichocarpum*), dans la baie de Ramla (Gozo, Malte : *Sargassum vulgare*). Des rapports nationaux confirment la présence de ces habitats en Albanie (Dedej, 2010), en Bosnie-Herzégovine (Vučijak, B., 2010), au Maroc (Bazairi, 2010), dans les mers Égée et Ionienne (Zenetos *et al.*, 2010a et b), en Algérie (Grimes, 2010) et en Tunisie (Romdhane, 2010).

### Habitats d'encorbellements à *Lithophyllum*, plateformes à *Vermets* et autres habitats à fonds durs

71. Les habitats à encorbellements formés par les algues de l'espèce *Lithophyllum* sont courants dans les parties nord et centre du bassin occidental et dans la mer Adriatique. Ils sont rares, en revanche, dans la partie sud du bassin occidental et dans la Méditerranée orientale (Boudouresque, 2004). Les encorbellements les plus spectaculaires sont ceux du Grand Langoustier et de Porquerolles (France) ainsi que de Punta Palazzu (réserve de Scandola, Corse) où ils mesurent jusqu'à 2 mètres de largeur (Boudouresque, 1996). Cet habitat se retrouve en Espagne (îles Medes), en Italie (Sicile), dans l'Adriatique (île Pelagosa) et en Yougoslavie (PNUE/UICN/SIG Posidonie, 1990). Il est présent en Tunisie (Sidi Mechreg, îlots Lakhouet, Bizerta) (Romdhane, 2010), en Albanie (notamment dans la zone nord-occidentale et la partie médiane de l'Adriatique) (Dedej, 2010), dans la Principauté de Monaco (Pérès *et al.*, 2010) et au Maroc (Parc national Al Hoceima National Park, Cirque de Jebha et Cap des Trois Fourches) (Bazairi, 2010).

72. Les plateformes à *Vermets* sont constituées, pour l'essentiel, de l'association du mollusque marin *Dendropoma petraeum* (gastéropode) et de l'algue coralline à encroûtements *Neogoniolithon brassica-florida*. Ces plateformes sont habituellement des formations typiques des zones chaudes de la Méditerranée. Les plus développées se trouvent en Sicile, en Algérie, en Tunisie, en Crète, au Liban et en Israël. Elles sont aussi présentes dans les parties méridionales de l'Espagne et de l'Italie (Boudouresque, 2004). Dans le cadre du processus d'approche écosystémique, ces habitats ont été signalés en Tunisie (Sidi Mechreg, îlots Lakhouet, Bizerta) (Romdhane, 2010), en Algérie où on les trouve distribuées de manière discontinue sur toutes les côtes rocheuses basses du littoral (région de Cherchell-Ténès, particulièrement dans le secteur de Cherchell-Hadjaret Ennous, Sidi Ghiles et la crique de Sefah, notamment entre Sidi Ghiles et Hadjaret Ennous) (Grimes, 2010), en Israël (Galil, 2010), en Syrie (partie septentrionale du littoral syrien, depuis Lattakia jusqu'à la frontière turque) (Ibrahim, 2010) et au Maroc (îles Chafarin, Sebta) (Bazairi, 2010).

73. Au rang des fonds durs formés par les colonies de *Neogoniolithon brassica-florida*, on cite souvent le célèbre exemple de la lagune hypersaline de Bahiret-el-Bibane, dans le sud de la Tunisie, où s'est constitué un récif de 31 kilomètres, une longueur inégalée ailleurs en Méditerranée. L'existence d'autres barrières plus localisées et moins spectaculaires que cette dernière est mentionnée dans la partie orientale du Bassin, en Grèce et en Turquie. Les seules données des rapports nationaux dans le cadre de l'approche écosystémique concernent le littoral albanais (de Karaburun à Porto Palermo) (Dedej, 2010).

### Autres habitats côtiers

74. Au-delà de ces milieux relativement bien étudiés, la connaissance disponible sur les autres sortes d'habitats marins du Bassin méditerranéen est extrêmement fragmentaire et très variable (PNUE/PAM – CAR/PB, 2009). Dans le cadre de l'approche écosystémique, les rapports nationaux ont fourni les informations complémentaires suivantes :

75. A l'étage supralittoral, les biocénoses de phanérogames échouées, répandues dans toute la Méditerranée, ont été signalées en Grèce (Zenotos *et al.*, 2010a and b), au Maroc, entre le cap des Trois Fourches et le cap de l'Eau (Bazairi, 2010) et en Tunisie. Dans la zone médiolittorale méditerranéenne, le faciès à *Pollicipes cornucopiæ* est un habitat très rare, l'espèce caractéristique *Pollicipes cornucopiæ* préférant les substrats rocheux bien exposés. Elle a été répertoriée au Maroc, au cap des Trois Fourches, dans le parc national d'Al Hoceima et le cirque de Jebha (Bazairi, 2010), ainsi qu'en Algérie. L'association à *Fucus virsoides*, espèce emblématique de la mer Adriatique, a été mentionnée dans l'estuaire de Vigo (Espagne), le golfe de Trieste (Italie) et la lagune de Venise où elle est devenue particulièrement abondante. Dans le cadre de l'approche écosystémique, cet habitat a été signalé en Slovénie (Lipej & Mavrič, 2010). Les fonds de Maërl sont responsables pour une grande part de la sédimentation biogénique en zone côtière. On en a repéré en Espagne (aux Baléares, Fornos *et al.*, 1988), en France (presqu'île de Hyères, aux abords de la ville de Marseille et en Corse), en Algérie (au large des îles El Aouana) (Grimes, 2010), en Grèce (Zenotos *et al.*, 2010a and b) et au Maroc (Parc national d'Al Hoceima) (Bazairi, 2010). Enfin, à l'étage circalittoral, le faciès à *Corallium rubrum*, est principalement présent dans le bassin occidental où ses populations semblent être continues. Sa distribution en Méditerranée orientale apparaît plus ponctuelle (mers Adriatique et Égée). Il a été mentionné en Algérie (essentiellement à El Kala) (Grimes, 2010), au Maroc (AHNP, Sidi Hsain, C3F) (Bazairi, 2010), en Grèce (Zenotos *et al.*, 2010a et b), en Turquie (Öztürk, 2010) et en Tunisie (Romdhane, 2010).

#### Grands fonds marins

76. Les termes de grands fonds sont ceux familièrement employés pour désigner les profondeurs marines à partir desquelles les organismes photosynthétiques sont absents. Selon certains auteurs, l'expression s'applique aux zones situées en dehors du plateau continental. En comparaison des milieux côtiers, les écosystèmes profonds ont la caractéristique d'être de nature extrêmement stable, une constance liée aux moindres variations des températures et de la salinité (George *et al.*, 1991). Les grands fonds débutent à la cassure du plateau continental, à une profondeur de plus de 200 mètres jusqu'à sa valeur maximale.

77. En Méditerranée, comme partout ailleurs, ces eaux profondes demeurent largement inexplorées. Les informations relatives à la zone méditerranéenne sont passablement faibles mais des travaux préliminaires ont déjà permis d'amorcer la réalisation d'un inventaire qualitatif de ces milieux, même si les données d'ordre biogéographique font encore défaut (Rais, 2008). Une étude récemment publiée par le WWF et l'UICN (WWF/UICN, 2004) trace les grandes lignes de ces écosystèmes des profondeurs méditerranéennes.

78. Les domaines bathyal et abyssal couvrent respectivement environ 60 et 10 % de la superficie méditerranéenne tandis que les plateaux continentaux comptent pour environ 30 %. Contrairement à l'Atlantique, les grands fonds méditerranéens sont caractérisés par l'absence d'espèces typiques des eaux profondes (espèces bathypélagiques telles que les foraminifères *Xenophyophora*, les éponges *Haxactinellidæ*, les concombres de mer de l'ordre des *Elasopodida* order, etc.) (Zenotos *et al.*, 2002 ; WWF-UICN, 2004). Les formes de vie présentes dans les grands fonds méditerranéens sont, pour l'essentiel des espèces eurybathiques. D'autres groupes faunistiques (décapodes stropodes) y sont faiblement représentés. La faune macrobenthique du substrat profond est pauvre en nombre et diversité d'espèces et le taux d'endémisme y est faible. Une comparaison longitudinale montre un gradient méditerranéen déclinant d'ouest en est, particulièrement pour le benthos profond.

79. La macrofaune des grands fonds de la Méditerranée est dominée par les poissons et les crustacés décapodes. On constate des différences entre les bassins méditerranéens occidental et oriental, à la fois en matière de composition spécifique et d'abondance des populations. Les espèces de macrofaune sont typiquement plus petites que celles de l'Atlantique. La méiofaune est moins abondante dans l'est méditerranéen. Dans les grands fonds, le taux d'endémisme concernant de nombreux taxons est nettement plus élevé (il atteint les 48 %, par exemple, pour les amphipodes) que la valeur moyenne relevée dans le reste de la Méditerranée. Dans les habitats benthiques des grands fonds méditerranéens, les organismes qui sont hautement vulnérables à la pêche sont les faciès coralligènes, l'échinoderme crinoïde *Leptometra phalangium*, les cnidaires *Funiculina quadrangularis* et *Isidella elongata*, faciès d'organismes sessiles repérés jusqu'à présent sur les plateaux et talus continentaux du bassin occidental, même si les sites et étendues de ces habitats sont encore très peu connus à l'échelle de la région entière.

80. Dans les grands fonds, nombreuses sont les zones qui présentent une abondance considérable de récifs coralliens à eau froide, des constructions particulièrement vulnérables qui se trouvent principalement sur les pentes continentales, les promontoires rocheux et les parois des canyons sous-marins (par exemple, au large du cap Santa Maria di Leuca, dans le bassin central, et dans les nombreux canyons et promontoires rocheux de la mer d'Alboran, dans la partie occidentale). Plusieurs plaines abyssales, pourvues d'une faune de haute mer très fragile et largement méconnue, existent en Méditerranée, les plus profondes se trouvant dans le bassin central (par exemple, la plaine Calypso dans la mer Ionienne, au sud-ouest de la Grèce). La pêche commerciale menace également d'autres types de formations géologiques, peut-être encore plus vulnérables parce qu'elles sont des régions-clés en matière de diversité et qu'elles sont, de surcroît, l'habitat d'une faune fragile, à l'image des récifs coralliens à eau froide. On citera l'imposant mont Ératosthène dans le bassin oriental (au sud de Chypre) et les nombreux autres monts sous-marins dispersés dans la mer d'Alboran et dans la partie méridionale de la mer Tyrrhénienne, ainsi que les suintements froids, bassins de saumure et cheminées hydrothermales qui ont été principalement observés dans le bassin oriental de la Méditerranée (au sud de Chypre, en Turquie et près de l'Égypte). L'importance écologique de nombre de ces zones a été reconnue.

#### *Zones de haute mer*

81. En Méditerranée, les zones de haute mer constituent une grande partie du bassin. Elles abritent une importante sélection de vie marine et on y trouve des poches de relativement haute productivité (gyres, upwellings et fronts).

82. D'une manière générale, la haute mer possède une faune diversifiée appartenant à divers groupes zoologiques. Il est évident que les espèces décrites dans le contexte méditerranéen ne se retrouvent pas toutes au large, dans cette zone située au-delà de la distance légale des 12 milles nautiques qui délimite actuellement les eaux territoriales mais de nombreuses formes de vie fréquentent la haute mer. Ce sont principalement les grands prédateurs marins, éléments charismatiques de la macrofaune, qui présentent une importance particulière en termes de conservation du milieu de par leur statut d'espèces-parapluie. Dans cette catégorie entrent les poissons cartilagineux, les cétacés, les tortues marines et les oiseaux de mer.

83. La CISM a récemment piloté un exercice, désigné par l'acronyme CHOMP (Principaux habitats des prédateurs méditerranéens), dont l'objet était de faire un relevé des grands prédateurs marins et des autres espèces-parapluie (cétacés, phoques moines, oiseaux marins, tortues marines, requins et gros poissons pélagiques) du fait de leur valeur à la fois comme emblèmes et indicateurs de l'état écologique du milieu. Cette cartographie des principaux habitats fait suite à un processus initié par le congrès mondial sur la conservation de l'UICN à Barcelone (Hoyt et Notarbartolo di Sciara 2008) où une première tentative a eu lieu pour recenser de manière exhaustive les différents habitats afin de localiser cette faune de première importance. Le relevé *CHOMP* a poursuivi et intensifié cet effort en réunissant des spécialistes des divers groupes zoologiques pour faciliter l'établissement de mesures conjointes de protection des différentes espèces occupant une même zone plutôt que les réponses unilatérales élaborées dans le cadre des ZPM, pour chaque taxon, qui aboutissent à des scénarios irréalistes pour la conservation de la biodiversité régionale. Cette cartographie a été réalisée selon une méthode Delphi, combinant les connaissances des experts et les approches analytiques. La figure 2.7 présente quelques-unes des données recueillies sur les mégavertébrés et montre de forts chevauchements entre les zones de l'environnement pélagique méditerranéen.

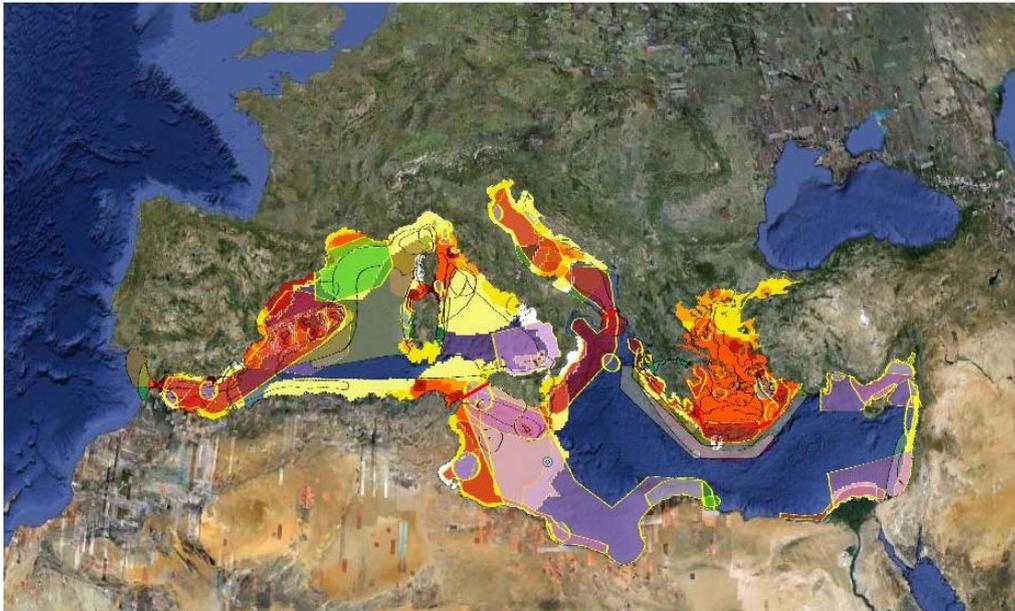


Figure 2.7. Principales zones d'importance écologique pour une sélection de mégavertébrés méditerranéens, données fournies par le relevé CHOMP.

84. Les systèmes pélagiques de la Méditerranée présentent des caractéristiques particulières comme les upwellings, les gyres et les fronts. Les fronts thermiques correspondent aux zones de contact entre deux masses d'eau de températures différentes. Ces régions sont souvent le siège de mélanges verticaux qui provoquent la remontée en surface des sels minéraux favorisant ainsi le développement du plancton et l'instauration d'une chaîne alimentaire. Les remontées d'eau connues sous le nom d'upwellings sont considérées comme les écosystèmes les plus productifs de l'environnement marin.

85. Le plancher océanique des zones de haute mer abrite des formes de vie uniques. Ses caractéristiques incluent les cheminées hydrothermales, les monts sous-marins et leurs récifs de coraux, les canyons sous-marins, les promontoires rocheux et les lacs de saumure. Les canyons de haute mer sont des zones d'importance majeure en Méditerranée car ils sont les lieux de reproduction et d'alimentation de nombreuses espèces (poissons et cétacés comme le *Grampus griseus* et le *Physeter macrocephalus*) et sont de remarquables réserves d'endémismes. Les communautés chimiotrophes associées aux cheminées hydrothermales sont caractérisées par les relations symbiotiques entre les invertébrés et des bactéries chimiotrophes rares en Méditerranée puisqu'on les trouve seulement au sud de la Crète, dans la partie méridionale de la Turquie (monts sous-marins Anaximandre) et au large de l'Égypte et de Gaza (ICSEMS, 2004).

86. Les coraux d'eau froide sont des habitats de grande diversité et valeur écologique qui sont menacés par le chalutage de haute mer et par les effets du réchauffement global (ICSEMS, 2004). Les promontoires rocheux sont des montagnes sous-marines qui émergent du lit océanique et constituent des habitats singuliers au sein de l'environnement marin. Ils sont des habitats essentiels pour le cycle de vie de plusieurs espèces et contiennent une macro- et mégafaune très dense. Ils sont caractérisés par un fort taux d'endémisme (cas des hydrozoaires, par exemple). Ils sont aussi le lieu d'alimentation de nombreuses espèces marines vertébrées. La mer d'Alboran (Espagne), les îles Baléares (Espagne), le golfe du Lion (France) et les abysses de la mer Ionienne sont des lieux d'intérêt spécial pour ces habitats.

87. Les habitats hypersalins des profondeurs (ou lacs de saumure) présentent une biodiversité élevée, particulièrement dans les assemblages de bactéries et métazoaires de la méiofaune (IUCN-WWF, 2004). Peu de données existent sur ces habitats mais ils sont considérés comme des milieux importants en raison de leur caractère méditerranéen spécifique (ICSEMS, 2004).

### 2.1.7. Emplacements des ASPIM et des AMP

88. Les zones de protection marines et littorales sont légion en Méditerranée. Les zones côtières protégées incluent des dénominations locales et nationales (les Zones de Protection Spéciale, ZPA) ainsi que des sites classés Natura 2000. Les aires marines protégées (AMP) portent des désignations nationales (ZPA) ou multilatérales (Aires Spécialement Protégées d'Importance Méditerranéenne, ASPIM) (comme, par exemple, le sanctuaire Pelagos pour les mammifères marins méditerranéens).

89. La figure 2.8 montre l'emplacement des Zones de Protection Spéciale (ZPA) méditerranéennes et des Aires Spécialement Protégées d'Importance Méditerranéenne (ASPIM) jusqu'à fin 2009.

90.

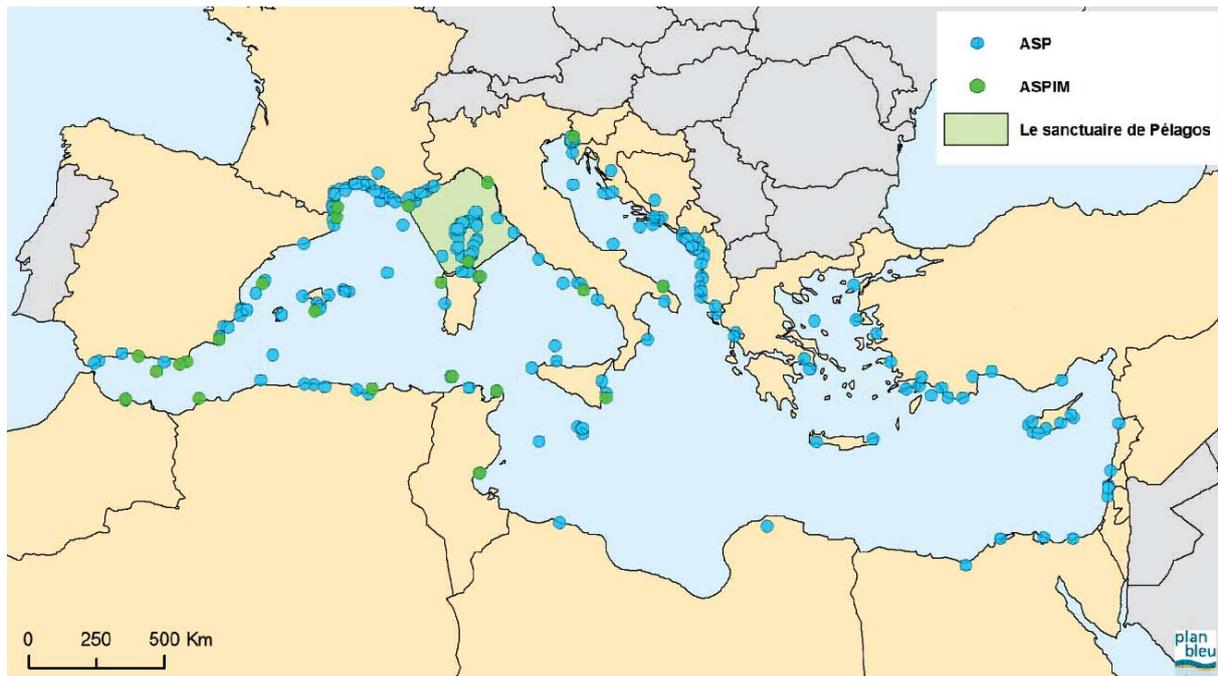


Figure 2.8:Zones de Protection Spéciale (ZPA) et Aires Spécialement Protégées d'Importance Méditerranéenne (ASPIM) jusqu'à fin 2009. Le sanctuaire Pelagos est une ASPIM comprenant les zones de haute mer.

91. Les Aires Spécialement Protégées d'Importance Méditerranéenne (ASPIM) sont établies selon les préceptes du Protocole sur les zones de protection spéciale et la biodiversité de la Convention de Barcelone – PNUÉ/PAM, adopté en 1995, qui préconisent, entre autres choses, la conservation « des composantes de la biodiversité en Méditerranée, des écosystèmes spécifiques du domaine méditerranéen ou des habitats des espèces en danger, et des aires d'intérêt spécial aux niveaux scientifique, esthétique, culturel ou éducationnel ». Le protocole pourvoit à la protection des ressources naturelles et de certains sites naturels, à la préservation de la diversité du capital génétique et à la sauvegarde de l'héritage culturel de la région méditerranéenne, en créant une série de Zones de Protection Spéciale (ZPA) et d'Aires Spécialement Protégées d'Importance Méditerranéenne (ASPIM). La liste des ASPIM est établie de façon à être représentative de la biodiversité, des habitats et de l'ensemble des écosystèmes marins et côtiers de la région. Ces zones assurent la sauvegarde d'habitats de nature intrinsèquement locale ou en voie de disparition de l'espace méditerranéen, et également des habitats primordiaux pour la survie, la reproduction et la restauration des espèces de la faune et de la flore qui sont menacées, en voie d'extinction ou endémiques ([www.biodiversity-z.org/areas/31.pdf](http://www.biodiversity-z.org/areas/31.pdf)). L'inscription des zones sur la liste des ASPIM est proposée en fonction de leurs emplacements, de manière individuelle ou commune, par les Parties Contractantes concernées, et la décision est prise par consensus lors des réunions de la Convention.

## 2.2 Services écosystémiques : présentation et valeur

92. La récente étude économique réalisée sous les auspices du PNUE/PAM – CAR/PB s’intitule “La valeur économique des avantages durables procurés par les écosystèmes marins méditerranéens” et a été préparée par A. Mangos, J-P. Bassino, et D. Sauzade (2010). La version complète du rapport est disponible sur le site internet du PNUE/PAM – CAR/PB [http://www.planbleu.org/themes/intro\\_marinUk.html](http://www.planbleu.org/themes/intro_marinUk.html)).

93. Le rapport offre une évaluation économique des avantages durables découlant des services écosystémiques fournis par les milieux marins de la Méditerranée en 2005. Les résultats illustrent le potentiel économique représenté par les écosystèmes marins dans l’optique du développement durable des états riverains. L’analyse considère la valeur des flux créés par les richesses environnementales constituant le capital naturel marin, sans pour autant tenter d’estimer la valeur de stock de ce patrimoine.

94. Le cadre méthodologique pour cette étude d’évaluation a été établi sur la base d’une analyse bibliographique des nombreuses études ayant trait à l’évaluation économique des services fournis par les écosystèmes. Les principaux types d’écosystèmes marins méditerranéens ont été déterminés et distingués selon leur rôle dans la production des ressources, la régulation du milieu ainsi qu’en termes culturels, comme cela a été défini par le programme d’évaluation des écosystèmes pour le millénaire (EM, 2005). Dans chacune de ces trois catégories, les différents services rendus par les écosystèmes étudiés ont été identifiés en regard de l’utilisation humaine qui peut en être faite ou de l’activité à laquelle ils contribuent. Dans cette étude, les méthodes utilisées pour évaluer les services rendus par la jouissance des écosystèmes ont été dérivées du cadre défini par les Nations Unies pour le système de comptabilité intégrée économique et environnemental (UN, 2003). En lien avec les préoccupations exprimées par les pays méditerranéens au sujet du développement durable, un critère de durabilité de l’utilisation des services rendus par les écosystèmes a été introduit.

95. Cinq écosystèmes ont servi de base à cette étude : les herbiers de Posidonie (*Posidonia oceanica*), les concrétions coralligènes, les fonds à rocheux à algues photophiles, les fonds à substrat meuble et la haute mer (au-delà de 100 mètres de profondeur). Les zones couvertes par chaque écosystème ont été définies en utilisant les données existantes et sur les avis d’experts. Les évaluations ont été menées selon les trois catégories de services écosystémiques préalablement définies, ainsi que le montre le tableau ci-dessous :

<b>Catégories de services écosystémiques :</b>	<b>Services écosystémiques :</b>	<b>Bénéfices évalués :</b>
Services d’approvisionnement	Production de ressources alimentaires	Bénéfices liés à la production de ressources alimentaires d’origine marine
Services culturels	Aménités	Bénéfices en termes de commodités liées aux activités récréatives
	Support aux activités récréatives	
Services de régulation	Régulation du climat	Valeur de la séquestration du CO <sub>2</sub> d’origine anthropique
	Atténuation des risques naturels	Valeur de la protection contre l’érosion littorale
	Traitement des rejets	Valeur du traitement des rejets

96. Dans cette étude, la valeur économique des bénéfices rendus par les écosystèmes a été estimée soit comme une part plus ou moins importante de la valeur ajoutée créée dans les différents secteurs marchands, soit comme une équivalence aux dépenses évitées, soit encore sur la base d’une valeur de référence dans le cas de bénéfices à caractère collectif.

97. Chaque catégorie de bénéfices a été évaluée de façon spécifique. Les bénéfices liés à la production de ressources alimentaires ont été évalués à partir des données relatives à la pêche et à

l'aquaculture alors que ceux relevant de la fourniture d'aménités et de supports récréatifs ont été calculés sur la base d'informations portant sur les valeurs locatives immobilières, les activités hôtelières et de restauration, ainsi que le tourisme. Les bénéfices associés à la régulation du climat ont été évalués à partir d'une estimation de la masse de CO<sub>2</sub> d'origine anthropique absorbée par le milieu marin en prenant en compte le prix de la tonne de CO<sub>2</sub> en vigueur en 2005 dans le cadre du Système européen d'échange de quotas d'émissions. Les bénéfices concernant le domaine de l'atténuation de l'érosion ont été calculés en déterminant, au sein des rivages méditerranéens, la proportion de ceux exposés aux phénomènes de dégradation et où la présence d'herbiers de Posidonie est censée à la fois être avérée et efficace contre les effets érosifs, parant ainsi à la construction d'ouvrages de protection, le bénéfice s'exprimant alors par les dépenses évitées. Enfin, les bénéfices retirés du traitement des rejets par les écosystèmes marins ont été chiffrés au regard d'une valeur de référence exprimant une situation où l'élimination des déchets est conforme aux normes environnementales en vigueur.

98. La combinaison de ces résultats fournit une première indication de la valeur globale des bénéfices provenant des écosystèmes marins méditerranéens. Au niveau régional, ils sont évalués à plus de 26 milliards d'euros pour l'année 2005 (ce qui équivaut quasiment à 120 % du PNB de la Tunisie durant la même période), dont plus de 68 % émanent de la fourniture d'aménités et de supports récréatifs. Les bénéfices relevant de la production de ressources alimentaires entrent pour 11 % du total estimé. L'étude fournit également une analyse par écosystèmes des bénéfices liés à la production de ressources alimentaires. On y apprend ainsi que le grand large compte pour plus de 70 % de la valeur des bénéfices liés à la pêche, proportionnellement au volume des prises réalisées dans ce secteur. D'autre part, en se basant seulement sur l'aspect quantitatif des prises, l'étude démontre que ce sont les herbiers de Posidonie et les substrats rocheux qui fournissent la meilleure productivité halieutique par unité de surface.

99. Cette étude exploratoire représente une tentative préliminaire pour évaluer la contribution des écosystèmes marins méditerranéens sur un plan économique. Les contraintes qui ont présidé à sa réalisation, qu'il s'agisse de l'application d'un critère de durabilité à l'estimation des bénéfices considérés ou le manque de données fiables pour certains bénéfices qui, de ce fait, ont dû être omis, ont certainement conduit à une sous-estimation de la valeur annuelle des bénéfices durables engendrés par les écosystèmes marins. Des études plus approfondies seront donc entreprises. En outre, les recherches actuelles concernant les coûts de la dégradation des milieux seront complétées. La collecte de ces informations s'avère primordiale pour permettre de prendre les décisions de gestion appropriées.

100. Néanmoins, cette étude centrée sur les services rendus par les écosystèmes marins sera une première contribution au processus qui aidera à catalyser le passage d'une gestion conventionnelle à une véritable approche écosystémique.

### **2.3 Pressions et impacts : la pollution**

101. La pollution marine revêt de nombreuses formes au rang desquelles on trouve les substances dangereuses telles que les métaux lourds et les POP, les charges excessives en nutriments (discutées plus haut), les produits pétrochimiques et les détritiques. D'autres polluants d'origine chimique et microbiologique affectent également les espèces et écosystèmes marins. De nombreuses et différentes sortes de polluants pénètrent en Méditerranée par les points de rejets et les sites d'immersion, par les fleuves, et via les phénomènes de ruissellement et de dépôts atmosphériques. Les points sensibles en matière de pollution sont indiqués sur la figure 2.9.

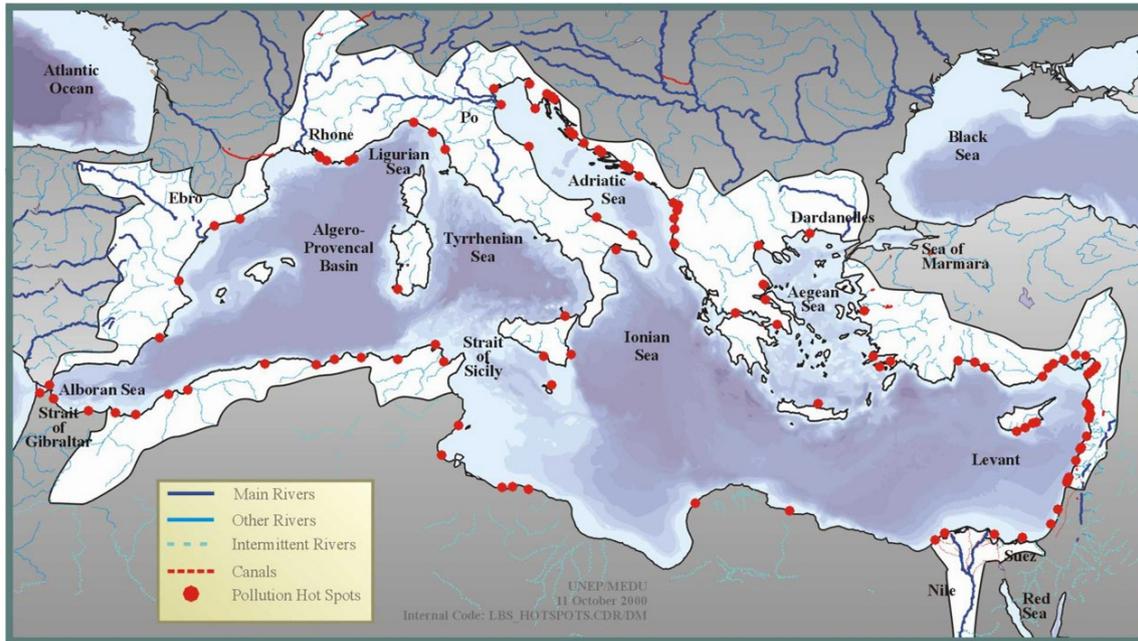


Figure 2.9 Points sensibles en matière de pollution. Source : PNUE/PAM — MED POL

102. Au ruissellement et à la pollution atmosphérique s'ajoutent les résidus de dragage et autres formes de débris qui peuvent être à l'origine de fortes concentrations en métaux lourds et en matière organique et de leur accumulation dans les eaux profondes. Ces composés pénètrent également l'écosystème marin au travers des déversements fluviaux, du ruissellement et des dépôts atmosphériques. L'accroissement des polluants chimiques dans les chaînes alimentaires profondes peut avoir des conséquences sur la santé des espèces marines et humaine. L'influence de l'apport et de l'incorporation de certains composants dans les chaînes trophiques reste peu connue.

### 2.3.1 Contamination par les substances dangereuses (métaux lourds, hydrocarbures halogénés et pétroliers, agents anti-salissures, composés chimiques et pharmaceutiques, etc., émanant de toutes sortes de sources, ainsi que les radionucléides)

103. De nombreux composés dangereux pénètrent dans l'environnement marin via l'atmosphère. Par exemple, la principale source de radionucléides d'origine anthropique dans la Méditerranée est constituée des retombées des essais d'armes dans l'atmosphère et d'accidents tels que Tchernobyl en 1986 (PNUE/PAM – AEE, 2006). Les apports en provenance de l'industrie nucléaire sont considérés comme minimes en comparaison des autres sources. Selon le même organisme, le stock global de radionucléides en mer Méditerranée est en déclin.

104. En 2002, le PNUE/PAM a procédé en Méditerranée à une évaluation globale des composés organiques toxiques et persistants, incluant les hydrocarbures halogénés. Le rapport a conclu que, à l'exception de quelques zones localisées présentant une intense contamination, les composés préoccupants au niveau régional sont les PCB, le DDT, les HCH et les HCB, entre autres. D'autres agents comme les phtalates, les alkylphénols et les PBDE/PBB sont soupçonnés d'être présents partout mais les données manquent. La plupart de ces composés pénètrent l'environnement marin via les déversements fluviaux et les rejets provenant des zones urbaines et des centres industriels.

105. Les études toxicologiques ont révélé que les taux de PCB relevés dans les poissons des profondeurs (*Alepocephalus rostratus*, *Bathypterois mediterraneus*, *Coryphaenoides guentheri* et *Lepidion lepidion*) étaient inférieurs à ceux des espèces côtières plus proches des sources de pollution, mais bien plus élevés que ceux des poissons vivant sur le plateau continental, à proximité du talus (*Micromesistius poutassou*, *Phycis blennoides* et *Lepidorhombus boscii*). Les niveaux de PCB enregistrés se situaient dans la même fourchette que ceux des grands prédateurs comme le thon (Porte *et al.*, 2000 ; Solé *et al.*, 2001). Les concentrations de TPT (triphényltétain) sont apparues plus fortes chez deux espèces bathyales (*Mora moro* et *Lepidion lepidion*) que celles observées dans les

populations de bivalves et des poissons des zones portuaires et côtières (Borghi & Porte, 2002).

106. La Méditerranée est l'un des réseaux maritimes les plus chargés au monde, représentant 15 % de l'activité marchande globale. Plus de 325 000 transports ont lieu annuellement, pour une capacité totale de 3,8 milliards de tonnes. Le transport maritime pollue les eaux, aussi bien lors de la marche normale des bateaux que lors de la survenue d'accidents. Si les activités maritimes en Méditerranée ont toujours constitué un élément caractéristique essentiel de la présence humaine, selon Abdulla et Linden (2008), une augmentation de 77 % a été enregistrée dans le volume des cargaisons chargées et déchargées dans les ports méditerranéens. On estime qu'un total de 200 000 bateaux marchands croisent en Méditerranée chaque année et qu'environ 30 % du volume de marchandises transportées par voie de mer au plan international provient ou est à destination des 300 ports que compte la mer Méditerranée. On s'attend à voir un triplement ou un quadruplement de ces valeurs au cours des 20 prochaines années. Cette croissance est due principalement à l'augmentation du trafic marchand et de la taille des navires.

107. Le transport maritime est l'une des principales sources de pollution par les hydrocarbures de pétrole et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) en Méditerranée. On estime qu'environ 220 000 navires de plus de 100 tonnes chacun traversent la région chaque année, rejetant 250 000 tonnes de pétrole. Ces rejets résultent des opérations de navigation (comme le rejet des eaux de lest, le rinçage des citernes, la mise en cale sèche, les rejets de carburants et d'huiles, etc.) L'apport de HAP varie en fonction du type de pétrole rejeté et l'estimation des quantités répandues varie de 0,3 à 1 000 tonnes annuelles (Programme du PNUE sur les produits chimiques, 2002). Les rejets illicites des navires peuvent être décelés par l'analyse des images satellites du radar à ouverture synthétique spatiale (ERS SAR).

108. Le transport marchand, ainsi que la navigation de plaisance, sont également liés à la pollution par les composés organostanniques. Ces toxines ont été utilisées dans une large gamme d'applications, généralement pour leurs propriétés biocides. L'une des plus connues est le tributylétain (TBT) qui était, jusqu'à encore récemment, utilisé comme agent anti-salissures. Les effets du TBT sont toujours à l'étude mais il semble avoir un fort impact sur les écosystèmes.

109. Il faut ajouter les 80 000 tonnes de pétrole qui ont été déversées en Méditerranée et dans ses parages immédiats à la suite d'accidents de navigation (en ne prenant en compte que les accidents se soldant par des déversements de plus de 700 tonnes). Le plus gros de ces marées noires a eu lieu dans le bassin occidental, même si l'on peut observer que, dans l'intervalle 2000-2009, environ un tiers des déversements de grande importance (supérieurs à 100 tonnes) s'est produit en Méditerranée centrale (voir figure 2.10).

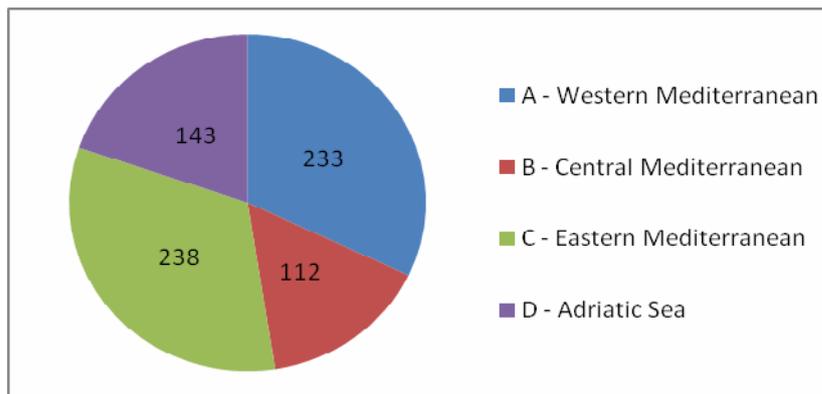


Figure 2.10 Localisation des marées noires majeures (> 700 tonnes) 1990–2005 (repris de PNUE/PAM – AEE, 2006) et nombre d'accidents conduisant à un déversement significatif (>100t) en 2000–2009 dans chaque sous-région (REMPEC)

110. Cependant, les accidents de navigation ne sont pas les seuls responsables des déversements de produits pétroliers en mer. Les incidents survenus sur les sites des terminaux pétroliers et les rejets de routine faits par les installations terrestre ont été estimés à 120 000 tonnes par an (PNUE/PAM – AEE, 2006).

111. Le REMPEC (2008) a récemment établi un bilan du trafic maritime dans la région méditerranéenne, fournissant des informations sur les opérations de routine, à opposer aux données relatives aux désastres (Figure 2.11). En 2006, près de 10 000 navires, presque tous de grande taille et en transit entre des ports non méditerranéens, ont parcouru le bassin. Les bâtiments marchands opérant à l'intérieur de la région ou la traversant simplement deviennent de plus en plus gros ainsi que leur fret. Les bateaux transitant par la Méditerranée avoisinent les 50 000 tpi et sont, en moyenne, plus de trois fois plus gros que ceux opérant dans le Bassin. L'activité nautique globale en Méditerranée est en hausse constante depuis les dix dernières années et l'on s'attend à ce qu'elle augmente encore de 18 % dans la prochaine décennie.

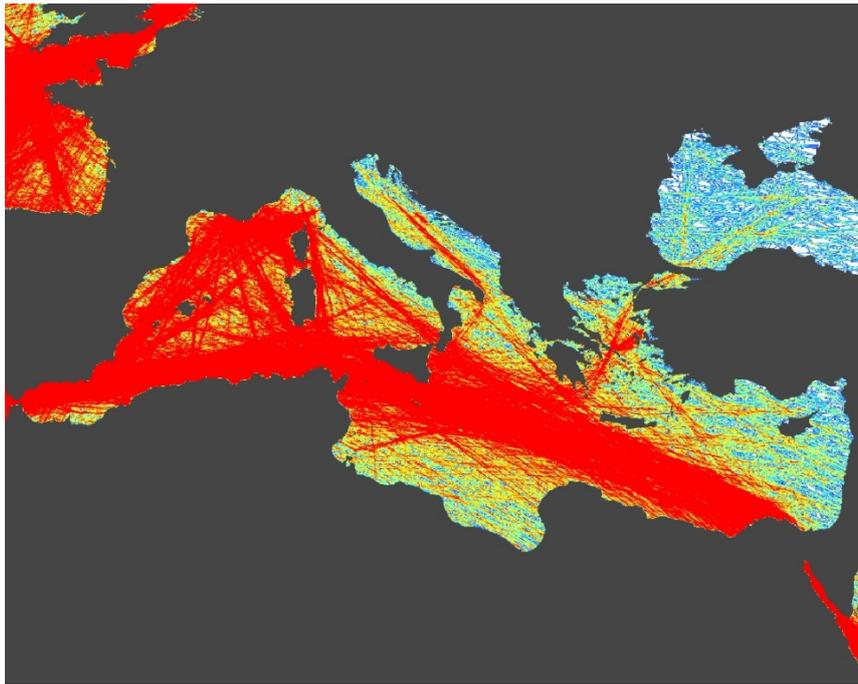


Figure 2.11 Trafic maritime (données fournies par le REMPEC)

112. Le trafic maritime a des conséquences directes sur les biotes comme, par exemple, les cas de mortalité de cétacés et de tortues de mer lors des collisions avec les bateaux, mais il existe d'autres effets indirects qui ne sont toujours pas quantifiés. Ces effets incluent la création de bruits sous-marins (voir section 2.5.5) et la pollution par hydrocarbures résultant des opérations de délestage. Le rejet des eaux de lest est aussi responsable de l'introduction d'espèces étrangères, parfois invasives, dans les milieux.

113. Le REMPEC a analysé les eaux de délestage au regard de la localisation des principaux ports de chargement de pétrole brut dans l'ensemble de la Méditerranée. Les ports de chargement de pétrole brut et donc leurs impacts potentiels en matière de rejet d'eaux de lest, sont concentrés dans l'est et le centre de la Méditerranée (respectivement 39 % et 38 % du total en utilisant les chiffres 2006 pour les 20 ports principaux de chaque sous-région). Cependant, il faut noter que 74 % de ce trafic provient de Méditerranée et que, donc, seul un quart des délestages peut éventuellement provoquer l'introduction d'espèces non méditerranéennes.

### **2.3.2 Éléments nutritifs et enrichissement en matière organique, eutrophisation et anoxie**

114. La présence excessive de substances nutritives (azote et phosphore) est un problème majeur de pollution dans de nombreuses zones côtières développées. Les sources de cet apport de nutriments comprennent les déchets humains non traités, les déjections animales, les engrais utilisés par l'agriculture et l'agrément paysager (et les terrains de golf) ainsi que les rejets industriels (usines de transformation du poisson, etc.). Les aquacultures installées sur les côtes sont également un facteur à l'influence grandissante dans le processus d'eutrophisation. La quantité de nutriments entrant en Méditerranée a augmenté au cours des dernières décennies, ainsi que l'illustre l'histogramme ci-dessous (Figure 2.12)

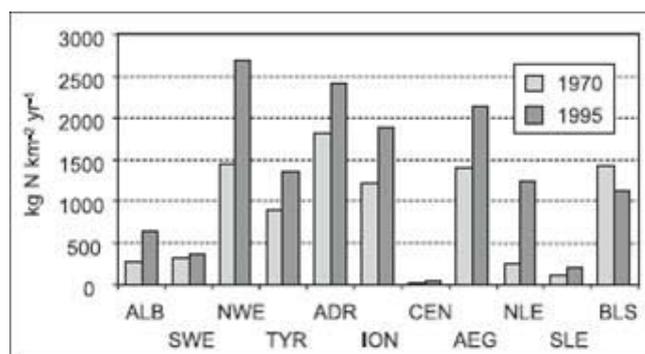


Figure 2.12. Utilisation des engrais dans les bassins versants de la Méditerranée en 1975 et 1995 (source : Ludwig et al 2009)

115. Un rapport de l'AEE (2009) a récemment évalué les charges/émissions d'azote dans les états membres de l'UE. L'agriculture et les transports étaient donnés comme les principales sources de pollution par l'azote. Quand cette pollution dépasse certains niveaux ("charge critique"), elle est préjudiciable à la biodiversité du fait du phénomène d'eutrophisation, etc. Dans les pays de l'UE, environ 47 % des zones d'écosystèmes (semi)-naturelles subissaient des dépôts d'azote nutritive excessifs qui ont entraîné une eutrophisation en 2004. Le niveau de dépassement de la charge critique variait de manière considérable selon les zones européennes. Dans certains cas, l'enrichissement excessif conduit à l'hypoxie ou à l'anoxie. La distribution géographique des zones hypoxiques a été représentée par Micheli (2011). Une carte des zones hypoxiques sera disponible à l'adresse <http://globalmarine.nceas.ucsb.edu/mediterranean/>.

116. Le rapport PNUE/PAM – CAR/PB, 2009 apporte des informations complémentaires, évaluant l'importance respective des différentes sources d'émission de substances nutritives, de matières organiques et du total des matières en suspension dans la Méditerranée. Cette évaluation se basait sur les bilans reçus des différents pays méditerranéens. Elle concluait que, en ce qui concerne l'azote, les plus gros émetteurs étaient le traitement des eaux usées urbaines (31 %), l'élevage (19 %) et l'industrie métallurgique (11 %). Dans le cas du phosphore, la production d'engrais représente la majorité des émissions (63 %), suivie par l'élevage (20 %) et le traitement des eaux usées urbaines (8 %).

117. Un enrichissement localisé en éléments nutritifs et matières organiques peut souvent aboutir à l'accroissement de la productivité primaire et éventuellement aussi à une prolifération des algues. Ces phénomènes sont parfois associés aux conditions eutrophiques, parfois non. Bien que la plupart de ces proliférations soient souvent liées à des conditions naturelles, d'autres sont, au moins en partie, dues aux rejets anthropiques. De telles proliférations sont souvent facilement détectables depuis l'espace.

118. Quand les algues marines apparaissent en nombre et produisent des biotoxines, on parle de floraisons d'algues nuisibles (Harmful Algal Blooms, HAB). Les HAB sont un phénomène mondial et ont aussi affecté la Méditerranée (Smayda, 1990). Elles causent des dommages via la production de toxines ou du fait de l'accumulation de leur biomasse qui peut affecter les autres organismes présents et altérer la dynamique de la chaîne alimentaire. Elles ont un effet pathologique chez l'homme, parfois même létal, suite à la consommation ou à l'exposition indirecte aux toxines ; elles sont la cause de substantielles pertes économiques pour les communautés côtières et la pêche et on constate également une mortalité associée aux HAB chez les poissons, les oiseaux et les mammifères.

119. La présence du dinoflagellé tropical toxique *Ostreopsis ovata* dans diverses zones telles que le nord de la mer Égée soulève des inquiétudes car il s'est avéré qu'il produisait une toxine comparable à la palytoxine (putative palytoxine, p-PLT) (Aligizaki & Nikolaidis, 2008). La détection de cellules de *Gambierdiscus* sp. sur la côte ouest de la Crête en septembre et octobre 2007 est le premier relevé de l'agent responsable de la ciguatera dans la mer Méditerranée. Des intoxications périodiques aux mollusques, causées par des efflorescences de dinoflagellés toxiques, ont été observées en Espagne, France, Italie, Maroc, Algérie et Turquie.

120. Les modifications dans le temps de l'abondance des espèces indigènes non toxiques peuvent aussi avoir un effet perturbateur sur l'écologie. Par exemple, les proliférations régulières des méduses *Scyphozoa* sont également très courantes en Méditerranée (CIESM, 2001) mais semblent être devenues plus fréquentes ces dernières années. Les manifestations les plus spectaculaires ont été celles de *Pelagia noctiluca*. De fortes densités de *Pelagia* ont été régulièrement observées depuis 12 ans dans l'ensemble de la Méditerranée (Ramsak & Stopar, 2007). La méduse commune *Aurelia aurita* est généralement présente en hiver et au printemps dans la mer Adriatique mais récemment sa prolifération est devenue très nette, en particulier dans les régions littorales du nord de l'Adriatique. De nombreuses hypothèses ont été avancées pour expliquer la fréquence de ces proliférations observées dans l'ensemble du monde. Ces explications valent aussi pour le domaine méditerranéen : fluctuations climatiques, eutrophisation, surexploitation, translation des méduses via les transports maritimes (Mills, 2001 ; Lynam *et al.*, 2004 ; Purcell *et al.*, 1999).

## 2.4 Perturbations biologiques

### 2.4.1 Distribution et effets de l'introduction d'espèces invasives

121. Le nombre d'espèces exotiques trouvées en Méditerranée est actuellement de l'ordre de 1 000 et leur rythme d'introduction a été estimé à 1 espèce toutes les semaines et demie (Zenetos, 2010). Leur nombre a connu, en Méditerranée, un essor spectaculaire depuis le début du siècle dernier (Fig. 2.13). Les espèces introduites appartiennent à 13 branches, avec une représentation dominante des mollusques (216 espèces), suivis par les poissons (127 espèces), les végétaux benthiques (124 espèces) et les crustacés (106 espèces).

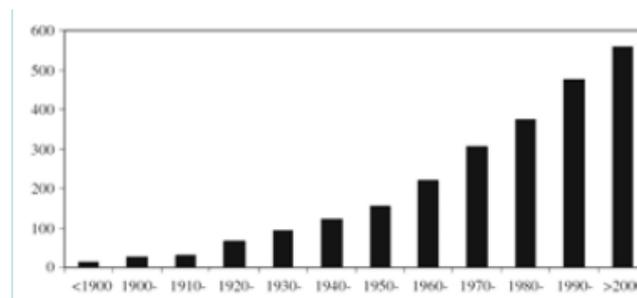


Figure 2.13. Nombre d'espèces introduites en mer Méditerranée au cours du XXe siècle. (PNUE/PAM-CAR/PB, 2009)

122. Parmi ces espèces exotiques, plus de 500 sont installées de manière durable en Méditerranée. C'est le cas pour deux espèces de poissons originaires de la mer Rouge, *Siganus luridus* et *S. rivulatus* (poisson lapin noir et blanc), qui constituent aujourd'hui des populations remarquables du Bassin Levantin. Les observations des autres espèces sont ponctuelles, comme celle de la langouste rouge *Palinuris ornatus*, aperçue une fois sur la côte israélienne en 1989. En outre, toutes les espèces non indigènes introduites en Méditerranée n'ont pas un comportement invasif.

123. La distribution des espèces non indigènes varie d'un pays à l'autre. Elles sont plus abondantes dans le bassin oriental qu'à l'ouest de la Méditerranée (Fig. 2.14). Et les origines de leur introduction diffèrent selon la zone considérée. A l'ouest, les espèces exotiques ont été, pour la majeure partie, introduites par le transport maritime et l'aquaculture, tandis que celles rencontrées dans le bassin oriental sont des espèces lessepsiennes qui sont entrées en Méditerranée via le canal de Suez (Figure 2.14).



Figure 2.14 Distribution des espèces exotiques dans les bassins méditerranéens (Zenetos & Streftaris 2008)

124. La présence d'espèces exotiques invasives est considérée par plusieurs auteurs comme une des plus grandes causes de la perte de diversité. Les espèces non indigènes sont un problème grandissant, principalement à cause des effets inattendus et nocifs que ces populations peuvent avoir sur les écosystèmes et, conséquemment, sur l'économie et la santé humaine (PNUE/PAM – AEE, 2006). Cependant, plusieurs points importants sont à noter : premièrement, toutes les espèces exotiques ne sont pas invasives (à titre d'exemples, dans la mer Égée, sur les 172 espèces étrangères répertoriées, seulement 26 d'entre elles sont classées comme espèces invasives). D'autre part, certaines espèces non indigènes ont contribué à l'augmentation de la biodiversité du bassin oriental. Enfin, un nombre significatif d'espèces exotiques sont devenues de précieuses ressources de pêche dans la zone Levantine.

125. Ces précisions apportées, la pression néanmoins exercée sur les milieux par la présence d'espèces exotiques invasives et ses impacts ont été signalés dans plusieurs rapports et études et, dans certains cas, les menaces que ces dernières représentent en termes écologiques, économiques et de santé publique ont été documentées. Bien que l'extinction totale d'espèces indigènes n'ait pas été constatée, des déclin quantitatifs rapides et des disparitions locales (parfois concomitantes de la prolifération d'espèces exotiques invasives) ont été enregistrées.

126. Même si les pertes locales de populations et la réduction des niches d'espèces indigènes n'entraînent pas une disparition immédiate, la pression exercée par la présence des espèces invasives peut conduire à une réduction de la diversité génétique, à la perte de fonctions, processus et structures d'habitats, accroissant le risque de déclin et d'extinction. A terme, elle peut aboutir à une homogénéisation biotique et à une réduction de la diversité.

127. La présence d'espèces invasives peut provoquer des changements dans la structure et le fonctionnement de l'écosystème. Par exemple, l'invasion d'une espèce herbivore peut modifier la structure d'une côte rocheuse peuplée par des algues. Le long de la côte turque, la présence invasive du poisson-lapin *Siganus luridus* a provoqué d'importantes modifications du paysage marin avec la formation de substrats dépourvus de macroalgues (zones stériles). La palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* a non seulement évincé les espèces indigènes, mais sa présence a également eu des conséquences sur l'environnement physique car sa récolte a entraîné une augmentation des charges de matière en suspension (Occhipinti Ambrogi, 2002).

128. Les problèmes sanitaires des populations locales d'anguilles (*Anguilla anguilla*) ont été causés par l'introduction des espèces *A. japonica* and *A. australis*. Un exemple d'hybridation est celui constaté sur l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) après l'introduction de l'Erismature rousse d'Amérique du Nord (*O. jamaicensis*). L'étang de Thau (France) est un des plus importants

“points chauds” de l’introduction d’espèces marines non seulement en Méditerranée et en Europe, mais aussi à l’échelle mondiale. Les substrats durs de la lagune de Thau sont dominés de manière très nette par des espèces introduites (principalement végétales) au détriment de la flore indigène. Un des facteurs les plus probables de cette introduction macroalgale est le transfert d’huîtres.

129. Dans certains cas, un impact donné n’affecte pas seulement l’écosystème mais a aussi des répercussions directes sur les activités humaines. Un exemple en est fourni au sein de l’étang de Thau où l’algue *Sargassum muticum* développe des frondes de plus de 4 mètres de long qui forment une sorte de tapis à la surface de la lagune et restreignent la navigation dans cette zone.

130. Plusieurs exemples des conséquences sur les écosystèmes littoraux de la présence d’espèces invasives peuvent être apportés. Un des plus connus est celui de la dissémination de l’espèce *Caulerpa*, principalement *C. taxifolia* et *C. racemosa*. *Caulerpa taxifolia*, dont les invasions ont occasionné des dommages écologiques au sein des écosystèmes méditerranéens, notamment en disputant l’espace et la lumière aux autres espèces. Cela a conduit au déplacement des communautés indigènes et à la création de tapis denses et uniformes qui peuvent avoir des incidences sur les communautés benthiques et réduire le nombre des habitats indispensables à la reproduction et l’alimentation des poissons. Le taux de croissance moyen spectaculaire des colonies de *Caulerpa taxifolia* et les mécanismes de défense chimiques de l’algue (elle produit des toxines répulsives) la rendent non consommable par les herbivores généralistes et facilitent sa prolifération. Une espèce du même genre, la *C. racemosa*, grâce à la rapidité de croissance de ses stolons, peut étouffer les autres macroalgues, principalement les espèces de nature herbeuses et encroûtante, réduisant ainsi le nombre des espèces et le pourcentage de couverture des communautés de macroalgues. On a observé la préférence de *C. racemosa* pour les zones meubles, ce qui cause de sérieux problèmes aux activités de pêche car les filets, qu’ils soient fixes ou traînants, remontent d’énormes quantités d’algues.

131. Les changements dans la composition du phytobenthos peuvent induire des modifications du macrozoobenthos. Par exemple, des études ont pointé une prolifération de polychètes, de bivalves et d’échinodermes, ainsi qu’une réduction du nombre de gastéropodes et de crustacés. D’autres recherches, axées sur les porifères, indiquent que la propagation de *C. racemosa* peut être corrélée avec une décroissance significative du pourcentage de la couverture d’éponges. Néanmoins, aucun changement majeur n’a affecté la composition spécifique des assemblages d’éponges, suggérant que, au début de la colonisation tout au moins, la propagation algale n’a pas conduit à une perte de la biodiversité des populations d’éponges (Baldacconi & Corriero, 2009).

132. La réduction des niches et la diminution rapide des espèces indigènes ont été aussi décrites comme les résultantes de la compétition avec des espèces non indigènes invasives. Ainsi l’exemple, en Israël, des populations indigènes de l’étoile de mer *Asterina gibbosa*, de la crevette *Melicertus kerathurus* et de la méduse *Rhizostoma pulmo* qui ont décliné alors que celles des espèces non indigènes invasives *Asterina burtoni* (étoile de mer), *Marsupenæus japonicus* (crevette), et *Rhopilema pulmo* (méduse) ont augmenté (PNUE/PAM — AEE, 2006). Dans certains cas, la compétition pour l’espace peut contraindre les espèces indigènes à se déplacer vers des eaux plus profondes comme dans le cas des populations de rougets (*Mullus barbatus*) et de merlus (*Merluccius merluccius*) qui ont migré en profondeur en raison de la présence d’espèces exotiques, respectivement *Upeneus moluccensis* et *Saurida undosquamis* (Galil et Zenetos, 2002).

133. Pour certaines espèces invasives du littoral, on a démontré un effet direct sur la santé publique. C’est le cas du poisson-ballon à bande argentée *Lagocephalus sceleratus*, un poisson toxique originaire des bas-fonds du bassin Indo-pacifique que l’on trouve sur des substrats sableux et boueux. Ce poisson s’est répandu de manière spectaculaire dans la Méditerranée orientale (10 % des prises en Turquie). Découvert pour la première fois en 2003, au sud de la Turquie, il s’est rapidement propagé dans tout le bassin Levantin, atteignant même la mer Égée. Cette espèce contient de la tétrodotoxine qui peut causer des empoisonnements alimentaires. Au cours de la période 2005-2008, treize patients ont été hospitalisés en Israël après avoir consommé du *L. sceleratus* (Bentur *et al.*, 2008). D’autres exemples d’impacts directs sur la santé humaine du fait d’espèces non indigènes invasives concernent les algues toxiques (*Ostreopsis ovata*, *Alexandrium catenella*). Ces effets sont décrits plus avant dans la section ci-dessous dédiée à l’étude des agents microbiens pathogènes.

134. Il existe plusieurs exemples montrant que la présence des espèces invasives peut causer des pertes économiques dans les eaux littorales où se concentre la majeure partie des activités humaines

et des pressions, ainsi celui des macroalgues *Womersleyella setacea* et *Acrothamnion preissii* qui engorgent les filets de pêche, en France et en Italie (Verlaque, 1989 ; Cinelli *et al.*, 1984). Un autre exemple est fourni par la méduse *Rhopilema nomadic* qui se trouve aujourd'hui sur tout le pourtour des côtes de Méditerranée orientale et remonte au nord jusqu'au littoral sud-est de la Turquie où ses conséquences sur le tourisme, la pêche et les installations côtières se font ressentir (Galil et Zenetos, 2002). Un autre cas est celui de la crevette *Metapenæus monoceros* qui a partiellement remplacé l'espèce indigène *Penæus kerathurus*, en Tunisie. Globalement, la pêche à la crevette n'a pas diminué mais 50 % des prises sont constituées désormais d'espèces non indigènes. La perte économique est due au fait que le prix de vente des nouvelles espèces est 7 fois moindre que celui de la crevette indigène.

135. Néanmoins, les conséquences économiques de la présence des espèces non indigènes ne sont pas toujours négatives. Un nombre significatif d'espèces exotiques sont devenues de précieuses ressources halieutiques, notamment pour la pêche littorale dans le bassin Levantin. Quelques-unes des espèces les plus notables sont : la coque *Strombus persicu*, les crevettes *Marsupenæus japonicus*, *Metapenæus monoceros* et *M. stebbingi*, le crabe *Portunus pelagicus* et quelques espèces de poissons, tels que les mullidés (*Upeneus moluccensis* et *U. pori*), le poisson-lézard à grandes écailles *Saurida undosquamis*, la bécune obtuse de la mer Rouge (barracuda) (*Sphyranea chrysotænia*), les clupéidés (*Dussummiera acuta*, *Herklotsichthys punctatus*) et le poisson-lapin (*Siganus rivulatus*) (PNUE/PAM-EEA, 2006). 43 % des ressources halieutiques de la Turquie sont des espèces exotiques.

136. L'importance de l'impact d'une espèce étrangère invasive ne peut être mesurée sans prendre en compte les conséquences induites par sa présence au niveau du fonctionnement de l'écosystème dans son ensemble. La vulnérabilité de celui-ci face aux espèces invasives semble en effet également liée à son état environnemental : les milieux pollués ou physiquement dégradés sont plus prédisposés aux invasions que les sites intouchés. Par exemple, le ver cosmopolite serpulide *Hydroides elegans* qui avait une position dominante dans la faune des ports de plaisance pollués ne se rencontrait que de façon épisodique dans ceux qui ne l'étaient pas (Kocak *et al.*, 1999). La réactivité des espèces exotiques à la pollution est si nette que, dans certains cas, elles deviennent de parfaits révélateurs de l'état écologique des milieux où elles se trouvent.

#### **2.4.2 Propagation des agents pathogènes et apparition de nouveaux pathogènes microbiens**

137. Au cours des dernières années, une mortalité massive due à des épisodes épidémiques a affecté de nombreuses espèces en mer Méditerranée. Dans les groupes étroitement surveillés, comme les coraux et les mammifères marins, les rapports pointent l'augmentation récente de la fréquence des épidémies et du nombre de nouvelles maladies. Malgré le nombre croissant de cas signalés, il existe très peu d'informations sur les agents infectieux à l'œuvre dans les écosystèmes tempérés. Le principal problème réside dans l'effort nécessaire à fournir pour identifier l'agent infectieux responsable (PNUE/MAP – CAR/ASP, 2008). Les facteurs climatiques et les activités humaines ont indiscutablement joué un rôle dans l'accélération globale des transferts d'espèces, mettant en contact des agents pathogènes avec des populations hôtes non encore exposées (Harvell *et al.*, 1999).

138. Un agent pathogène est défini comme "tout organisme qui vit sur ou à l'intérieur d'un autre organisme (appelé l'hôte) et cause une maladie à ce dernier" (FAO, 1998). En général, les germes pathogènes microbiens sont les agents de maladies véhiculées par l'eau et incluent des virus, des bactéries et des protozoaires (Gerba, 1996). S'il est connu que de nombreuses espèces de pathogènes microbiens apparaissent de manière naturelle dans l'eau ou proviennent de sources de contamination fécale, certaines autres peuvent surgir et proliférer soit du fait de l'introduction d'espèces non indigènes invasives, soit par la survenue d'un changement climatique.

139. Outre ceux qui apparaissent de manière naturelle dans les eaux marines, tel le vibron du choléra (*Vibrio cholerae*), les pathogènes sont amenés dans les zones aquatiques via les égouts, l'agriculture et le ruissellement des eaux de pluie, les rejets des bateaux, les activités aquatiques récréatives, les processus industriels, les fosses septiques proches des rivages et la faune sauvage (WHO, 2003). Toutes les populations urbaines n'étant pas connectées au système des égouts, il y a des rejets directs d'eaux usées dans la mer via d'autres évacuations (UNEP/MAP-EEA, 2006). La croissance rapide de nombreuses villes côtières, en particulier dans le sud de la Méditerranée, rend le problème encore plus aigu. Les plages littorales sont le lieu d'une intense activité humaine et également vulnérables aux contaminations microbiennes.

140. La survie des agents pathogènes dépend de facteurs tels que la qualité de l'eau, l'apport d'éléments nutritifs, la salinité, l'exposition au soleil et l'identification des risques associés à leur présence est cruciale. Ces problèmes sont traités par la directive-cadre sur l'eau (DCE) (2000/60/EC) de l'UE et la directive-cadre Stratégie pour le milieu marin (DCSMM) de l'UE, qui proposent des stratégies pour prévenir et réduire la pollution de l'eau.

141. Les eaux de plaisance contiennent généralement un mélange de micro-organismes pathogènes et non pathogènes. Les conséquences des éléments pathogènes incluent fréquemment des maladies gastro-intestinales (Kay *et al.*, 1994) et des éruptions cutanées, de la fièvre et des infections respiratoires aiguës fébriles causées par des bactéries et protozoaires pathogènes (Fleisher *et al.*, 1996a), des cas de salmonellose, de méningo-encéphalites, de cryptosporidiose et de giardiase (Prüss, 1998).

142. La présence des agents pathogènes microbiens peut aussi avoir des répercussions sur la biodiversité de l'environnement marin. Par exemple, les infections à *Aeromononas spp.* sont responsables de septicémies hémorragiques, une maladie affectant une large variété de poissons marins et d'eau douce. Elles causent aussi des maladies d'origine alimentaire chez les humains (Popoff, 1984).

143. Tandis que les pressions et incidences liées à la présence des agents pathogènes "classiques" sont déjà connues, les préoccupations concernant l'apparition de "nouveaux" pathogènes grandissent dernièrement. Les explications données à l'accroissement du nombre d'agents pathogènes sont de deux ordres : proliférations d'espèces étrangères ou invasives et changements climatiques, deux causes qui ont été à l'origine du déclin et même de l'effondrement de plusieurs écosystèmes marins (Harris and Tyrrell, 2001 ; Stachowicz *et al.*, 2002 ; Frank *et al.*, 2005).

144. Que leur introduction ait eu lieu à dessein ou non, les espèces étrangères constituent un problème grandissant du fait qu'elles importent une partie de leur parasitofaune, se déchargeant ainsi des parasites de leur habitat d'origine dans leur nouvel environnement. L'introduction de nouvelles espèces dans des populations endémiques, un processus appelé "pollution pathogène", conduit à la co-introduction des parasites en modifiant les conditions préexistantes et donc la dynamique des maladies infectieuses (Daszak *et al.*, 2000). Les pathogènes microbiens peuvent dévaster des populations entières de plantes et d'animaux marins, causant une perte de biodiversité. Cependant, nombre d'organismes sessiles, tels que les algues et les éponges, témoignent d'un niveau remarquablement faible d'infection microbienne et ce, malgré leur absence de système immunitaire cellulaire.

145. Une récente étude portant sur le poisson-lapin (*Siganus rivulatus*) a montré que la prévalence de son ectoparasite monogène érythréen *Polylabris cf. mamaevi* dans les populations des eaux méditerranéennes est trois fois plus élevée que le résultat obtenu pour celles vivant en mer Rouge. Ces auteurs attribuent le taux supérieur d'infection observé chez les poissons-lapins dans leur nouvel habitat méditerranéen à "des changements de l'environnement naturel et à l'impact de facteurs anthropiques (Pasternak *et al.*, 2007).

146. Un autre problème compliquant le tableau de la propagation des pathogènes est celui du changement climatique. Le stress d'ordre physiologique et celui induit par les variations du climat peuvent compromettre les capacités de résistance de l'hôte et accroître la fréquence des maladies opportunistes (Harvell *et al.*, 1999). Là où elles ont été documentées, les nouvelles maladies ont typiquement émergé par le biais de l'hôte ou suite à un changement des pathogènes connus. Les invertébrés marins, en particulier les éponges, les gorgones et les coraux, sont connus pour produire des métabolites secondaires et une attaque sur le métabolisme secondaire après un stress dû à la température, facteur qui peut encourager l'action des agents pathogènes. Ainsi Kushmaro *et al.* (1996, 1998) a-t-il montré expérimentalement qu'un réchauffement de l'eau de mer augmenterait de façon significative la virulence de la bactérie *Vibrio shiloi* provoquant le blanchissement du corail *Oculina patagonica*.

147. Quelques auteurs avancent l'hypothèse que la croissance des pathogènes thermodépendants est encouragée par le réchauffement de la Méditerranée (Bally et Garrabou, 2007 ; Sussman *et al.*, 2003). Pérez (2008) a aussi indiqué que l'explosion du nombre de maladies pouvait être une résultante des effets du changement climatique sur la faune benthique marine. De telles maladies peuvent induire des mortalités chez les invertébrés benthiques, soit du fait d'une plus faible tolérance provoquée par les changements du climat, soit parce que certains pathogènes sont plus nocifs à plus haute température.

### 2.4.3 Impact des activités de pêche sur les espèces-cibles, les chaînes alimentaires et la biodiversité

148. Les pressions des activités de pêche sont le fait de la pêche commerciale, de la pêche de loisir et de l'aquaculture. La pêche commerciale comprend à la fois la pêche artisanale (principalement trémails, cages, filets maillants, palangres) et la pêche industrielle (chaluts, sennes coulissantes, filets dérivants, grandes palangres). Le programme d'étude MEDITS, débuté en 1993, produit des informations de base sur les espèces benthiques et démersales (distribution des populations, structure démographique) présentes sur les plateaux et talus continentaux, au moyen d'enquêtes systématiques sur les chaluts de fond.

149. D'un point de vue socio-économique, la pêche artisanale est plus importante pour les communautés côtières et pays riverains que la pêche industrielle. Et ses impacts sur la biodiversité sont beaucoup moins étendus que ceux provoqués par cette dernière. Cependant, compte tenu du caractère hétérogène des équipements utilisés et des espèces ciblées par les pêches locales, il est difficile d'établir des conclusions de portée générale quant à leur impact sur l'écosystème. Si, d'un côté, la plus grande sélectivité de certaines techniques employées localement est documentée, à l'opposé, la nocivité d'autres pratiques artisanales est notoire.

150. Les activités de pêche ont des répercussions à la fois sur les espèces benthiques et pélagiques, ainsi que sur leurs habitats. Ces répercussions s'expriment directement, ainsi la surexploitation des espèces commerciales, ou indirectement, comme les effets produits par ricochets sur l'ensemble de l'écosystème. L'impact de la pêche sur la biodiversité est fonction de plusieurs facteurs tels que la technique utilisée, la profondeur de la zone de pêche, les caractéristiques des fonds marins et la saison. Certaines pratiques de pêche interdites par la loi en mer Méditerranée ont des effets particulièrement négatifs sur l'écosystème mais perdurent malgré leur interdiction (par exemple, chalutage en eaux peu profondes, pêche à la dynamite, filets dérivants trop grands et maillages illégaux). La très grande variété des techniques artisanales de pêche utilisées et la diversité des prises ramenées rendent la gestion des activités de pêche très complexe en Méditerranée. On a dénombré plus de 45 techniques de pêche à l'œuvre dans les eaux méditerranéennes. Environ 63 % des bateaux de pêche sont possédés par les pays des bassins occidental et central et 53 % d'entre eux par des pays membres de l'UE (Espagne, France et Italie).

151. Les pêches de loisir et sportive sont principalement associées à des équipements tels que la canne à pêche simple et à moulinet, les lignes tendues, le harpon et la palangre. Les impacts de la pêche récréative ne sont pas connus, par manque de contrôle. Les pêches à la canne et aux lignes tendues sont une menace pour les jeunes générations de poissons démersaux du littoral car elles se pratiquent dans les zones de concentration des populations juvéniles, comme les fonds rocheux peu profonds et les prairies sous-marines. Le harponnage quant à lui a un effet principalement sur les espèces en danger comme les mérus (*Epinephelus* spp) et le corb (*Sciaëna umbra*). La pêche de loisir au moulinet et à la palangre touche les populations d'espadons, de requins bleus et également d'autres espèces d'intérêt commercial, comme le thon (Thunnidés) et la coryphène (Coryphaenidés).

152. Les effets indirects de la pêche sur la biodiversité incluent les impacts sur les espèces non commerciales (poissons rejetés à la mer), les habitats, le fonctionnement et la structure des écosystèmes. Conséquemment, du fait de la détérioration de l'environnement, les effets indirects peuvent aussi à leur tour accentuer les pressions et effets négatifs sur les espèces-cibles. Au nombre de ces effets indirects de la pêche, on peut citer la diminution des populations (commerciales ou non) du fait des prises accessoires, des rejets à la mer, de la pêche fantôme, etc. ; la diminution, également, des populations d'espèces non commerciales menacées et protégées, comme les poissons cartilagineux, les tortues de mer, les oiseaux et mammifères marins blessés accidentellement par les engins de pêche ; les perturbations d'habitats, voire leur destruction, tels les herbiers de Posidonie, les formations coralligènes et les bancs de maërl ; cet impact est plus précisément la conséquence du chalutage, souvent pratiqué de manière illégale, dans les eaux peu profondes, des filets de drague utilisés pour la capture des coquillages et la collecte d'algues (récoltées à des fins cosmétiques et pharmaceutiques) et de certaines pratiques illégales, comme le ramassage de la datte de mer (*Lithophaga lithophaga*) ; la dégradation du fonctionnement et des structures d'autres habitats marins, tels les fonds sableux et boueux (Pranovi *et al.* (2000), occasionnée par l'utilisation des chaluts et des dragues qui raclent ou labourent le fond de la mer, remettent les sédiments en suspension, en modifient la granulométrie et la texture, détruisent la configuration des fonds et retirent ou disséminent les espèces non cibles.

153. A l'heure actuelle, les données sont insuffisantes pour mesurer l'influence de la pêche en Méditerranée sur les chaînes alimentaires car la plupart des pays ne fournissent pas les informations concernant les prises totales et par catégories pour les espèces-cibles. De plus, les taux de prises accessoires et les dynamiques sous-jacentes des populations d'espèces-cibles sont encore largement méconnus. Pour cette raison, déterminer l'impact écologique des activités de pêche dans cet environnement lourdement exploité qu'est la Méditerranée émerge comme une priorité dans les actions de contrôle et de recherches à entreprendre.

#### *Surexploitation*

154. De façon générale, la surpêche en Méditerranée, au cours des dix dernières années, est le résultat de la croissance de cette activité (environ 12 %), avec les taux d'exploitation maximale observés sur les stocks des espèces démersales et de gros poissons pélagiques (thon et espadon) (Zenetos *et al.*, 2002). La surpêche a causé l'effondrement des populations de corail rouge *Corallium rubrum*, des dattes de mer *Lithophaga lithophaga*, de certaines éponges (*Hypospongia communis*, *Spongia* spp., etc.) et de certaines espèces de crustacés décapodes (*Homarus gammarus*, *Palinurus elephas*). Plusieurs autres espèces de poissons sont surexploitées (*Anguilla anguilla*, *Epinephelus marginatus*, *Sciaena umbra*, *Thunnus thynnus*, *Xiphias gladius*, etc.).

155. Les résultats du programme MEDITS (Campagne internationale de chalutage démersal en Méditerranée) montre que la surexploitation a conduit à de sérieux déclin au sein de nombreux stocks de poissons. En outre, la CGPM confirme que de nombreuses espèces d'intérêt commercial sont surexploitées à l'heure actuelle. Il en va ainsi du merlu (*Merluccius merluccius*), du mullet (*Mullus barbatus*), de la crevette rose de haute mer (*Parapenæus longirostris* dans le nord de la mer d'Alboran, aux îles Baléares, dans le nord de l'Espagne, le golfe du Lion, en mer Ligure et dans le sud de la Sicile), de la sole (*Solea solea* dans le nord de la mer Adriatique), de la sardine (*Sardina pilchardus*) et de l'anchois (*Engraulis encrasicolus* dans le nord de la mer d'Alboran, au nord de l'Espagne, dans le golfe du Lion, dans le sud de la Sicile et dans le nord de la mer Adriatique). La situation est aussi préoccupante pour le thon rouge (*Thunnus thynnus*), très largement surexploité en Méditerranée. Ces tendances deviennent communes à l'ensemble du bassin et pour tous les stocks de poissons qui sont exploités, avec des prises toujours plus grosses (Sea Around Us, 2009).

156. De nombreuses études ont établi que la pêche intensive avait de fortes répercussions à tous les niveaux de l'organisation biologique de la vie marine (PNUE/PAM-AEE, 2006). Les effets négatifs des activités de pêche inappropriées sur la biodiversité marine ont été compilés dans le rapport national élaboré dans le cadre du processus national/régional (projet ASP BIO) pour la plupart des pays méditerranéens.

157. En Méditerranée, la pêche démersale pratiquée en haute mer peut se résumer comme suit : chalutage de fond, palangre et filet à mailles. La pêche hauturière se pratique actuellement au-dessus des plateaux et de certains talus continentaux, jusqu'à une profondeur de 800 mètres. Le chalutage de fond est une pratique extrêmement nocive qui a été interdite en 2005 en Méditerranée sur les fonds de mer de plus de 1 000 mètres, de façon à protéger la très vulnérable faune des grands fonds.

158. Les grandes espèces pélagiques qui peuplent la haute mer, essentiellement le thon rouge méditerranéen, l'espadon et le germon, ainsi que les requins pélagiques (requin-taube bleu, requin bleu et requin-taube commun) ont une grande importance en matière de conservation du milieu et ont depuis longtemps été les victimes de la surpêche opérée par les équipements de la pêche hauturière. Les principaux engins utilisés pour capturer les gros poissons pélagiques sont les sennes et les palangres pélagiques. Les bateaux utilisant les *palangres* pélagiques pour pêcher en Méditerranée viennent des pays limitrophes mais de grosses flottes commerciales étrangères sont également présentes : ces dernières sont extrêmement mobiles et couvrent l'entièreté du Bassin méditerranéen. En 2005, l'usage des filets dérivants a été interdit en Méditerranée mais cette pratique persiste malgré tout. La zone de haute mer est également l'habitat d'espèces de cétacés et de tortues en voie de disparition qui constituent fréquemment les prises accessoires de la pêche hauturière et requièrent une protection particulière. Les EFH primordiaux pour les grands poissons de haute mer sont essentiellement déterminés par les occurrences océanographiques, comme les phénomènes de remontée d'eau ("upwelling") ou les gyres, qui créent des aires de production indispensables à l'alimentation et au frai des espèces. Ces zones qui font office d'habitats essentiels (EFH) doivent être identifiées pour permettre la mise en place de mesure de protection des espèces pélagiques. Les principales frayères du thon rouge en Méditerranée ont été localisées au sud des îles Baléares, dans

la mer d'Alboran ainsi que dans le canal de Sicile et coïncident partiellement avec celles utilisées par le germon, alors que les zones de reproduction de l'espadon sont disséminées à peu près partout dans le Bassin.

#### *Prises accessoires et rejets à la mer*

159. Un autre impact majeur de la pêche survient du fait que de nombreuses techniques de pêche ont pour corollaires les captures fortuites (connues sous le nom de "prises accessoires") et les rejets de ces prises non désirées à la mer. Malgré l'adoption de certaines mesures de restriction légales, appliquées aux techniques de pêche les plus dommageables, et la réduction des flottes de pêche dans certains pays, le problème des impacts de la pêche sur la biodiversité marine va probablement connaître une aggravation du fait des améliorations apportées aux techniques et à la navigation.

160. Plusieurs équipements utilisés par la pêche commerciale ont des effets nocifs : les "tonailles" (filets à thon), les palangres et filets dérivants, utilisés plus particulièrement dans la pêche au thon et à l'espadon, ainsi que les filets fixes à mailles fines installés pour de longs laps de temps (souvent toute la nuit), les sennes de rivage et les chaluts. Toutes ces techniques entraînent un niveau élevé de prises accessoires et la dégradation des communautés associées (voir ci-dessous).

161. Un autre problème d'importance est celui des rejets. Leur taux varie en fonction de la profondeur de pêche, de l'équipement utilisé et des espèces ciblées. Les rejets dus au chalutage indiscriminé sont significatifs en Méditerranée. A titre d'exemple, sur une capture de 162 espèces par chalutage en Méditerranée orientale, 2 étaient les espèces-cibles, 34 des prises accessoires de valeur commerciale variable et les 126 autres espèces restantes étaient non désirées (D'Onghia *et al.*, 2003). L'effet des rejets de pêche agit à deux niveaux dans les communautés marines considérées : au niveau de chaque catégorie d'espèces, en modifiant leur dynamique démographique, et au niveau de l'écosystème où de profonds changements se produisent du fait de la rupture de la chaîne alimentaire, de la favorisation des espèces nécrophages, etc.

162. L'information disponible sur les rejets des chalutages en Méditerranée confirme la magnitude du problème. Par exemple, le total annuel de rejets effectués en Sicile durant les années 80 a été estimé aux alentours de 70 000 tonnes, représentant une moyenne de 44 à 72 % de la totalité des prises (Charbonnier 1990). Une étude régionale sur les rejets en Méditerranée occidentale a estimé qu'ils représentaient de 23 à 67 % des prises totales à des profondeurs de moins de 150 mètres, de 13 et 62 % entre 150 -350 mètres et de 14 à 43 % à plus de 350 mètres de profondeur. La proportion rejetée atteignait cependant 75,4 % et 66,6 %, respectivement, dans le cas de gros bateaux opérant au printemps et dans celui de plus petits navires pêchant en été, sur les fonds continentaux (< 150 m de profondeur) (Carbonell *et al.* 1998). Les rejets peuvent concerner aussi les éléments de plus petite taille des espèces commerciales.

#### *Pêche illégale et pêche située dans les zones au-delà des juridictions nationales*

163. La pêche illégale a de fortes conséquences d'un côté à l'autre de la Méditerranée. Le chalutage illégal pratiqué sur les fonds de prairie atteint doublement les écosystèmes, en provoquant d'une part, la mise en suspension des sédiments et en abîmant le tapis végétal, de l'autre. La remise en suspension des sédiments provoque une baisse de l'intensité lumineuse et affecte donc la photosynthèse des macrophytes. On pense que ce phénomène est responsable de la disparition de prairies sous-marines, affectant ainsi le recrutement des poissons et la qualité des aires d'alimentation des éléments juvéniles sur la côte méditerranéenne espagnole (Sánchez-Jerez and Ramos-Espla 1996). Le chalutage sur les herbiers de posidonies induit des changements dans la structure des communautés de poissons démersaux, une réduction, voire une élimination, des espèces spécifiques des fonds rocheux et leur remplacement par des espèces ubiquistes ou d'autres habituellement associées aux fonds sableux/boueux, et provoque également un accroissement du nombre des organismes filtreurs et des espèces sédimentivores.

164. Une autre pratique côtière illégale, très courante dans plusieurs zones méditerranéennes, est la pêche à la datte de mer (*Lithophaga lithophaga*), qui implique la démolition des substrats par des plongeurs à des fins commerciales. La conséquence de cette agression est la désertification de longues bandes de rivages rocheux, causée par la destruction des habitats et communautés associées, en combinaison avec le broutement des oursins (Fanelli *et al.* 1994). Un autre type de pêche illégale est celui de l'utilisation de la croix de Saint-André, une barre de fer à laquelle sont

suspendues des chaînes, pour récolter le corail rouge. Cet outil est connu pour ses effets dévastateurs sur les assemblages coralligènes benthiques. Son utilisation a été bannie des eaux européennes depuis 1994 (Conseil de régulation No 1626/94).

165. Il est possible que l'écologie de haute mer et du grand large soit affectée par la pêche hauturière mais les études et la modélisation de ces effets sont rares. Actuellement, en Méditerranée, les navires n'opèrent qu'à des profondeurs inférieures à 1 000 mètres mais la pêche pratiquée sur les monts sous-marins pourrait venir à bout de ces ressources dans un laps de temps très court, trois ou quatre années, si des technologies permettant d'atteindre de plus grandes profondeurs sont adoptées (Johnston et Santillo, 2004). Cette zone de pêche potentielle composée des fonds situés à plus de 1 000 mètres (et dont les engins de chalutage ont été bannis par la CGPM en 2005) est d'un intérêt commercial très limité. Il en est ainsi car le stock global de crustacés y est considérablement plus faible et que les communautés de poissons sont largement dominées par des éléments soit ne présentant pas d'intérêt commercial (comme l'ulot nègre *Alepocephalus rostratus*) soit de trop petite taille (tel le grenadier méditerranéen *Coryphoenoides guentheri*). Si ces espèces devaient un jour présenter un intérêt économique et que les chaluts soient en mesure d'atteindre ces profondeurs, alors l'écosystème pourrait être rapidement dégradé par la pêche.

166. La pêche industrielle pélagique se pratique principalement dans les eaux internationales et impliquent également la participation de pays non méditerranéens (Cacaud, 2005). La plupart des informations sur les activités des flottes de pêche en Méditerranée proviennent du groupe de travail du CSTEP, de celui de la CGPM sur la pêche en zone démersale, et de la CICTA sur la conservation des thonidés qui renseigne l'activité des flottes de pêche des pays membres. Ainsi existe-t-il un manque d'informations sur l'activité de pêche de certains pays du CSTEP bien que des efforts soient entrepris dans cette direction au sein de la CGPM (tâche 1) et en collaboration avec divers projets (Medfisis, COPEMED II, ADRIAMED and EASTMED).

167. La plupart des eaux méditerranéennes sont des zones de haute mer. Elles contiennent une grande diversité d'habitats, à la fois pélagiques et démersaux. On sait peu de choses au sujet de ces habitats, en comparaison de ceux des écosystèmes côtiers et des plateaux continentaux qui sont plus faciles à étudier, mais il existe une bonne connaissance de l'état des stocks des espèces commerciales qu'ils abritent, grâce aux études réalisées sur la pêche commerciale et ses prises. La protection de la faune dans ces zones est importante pour la pêche et la conservation de l'écosystème car le bon état de santé des organismes le constituant détermine également le sien. La faune sessile benthique a un rôle important car ses organismes créent les habitats qui servent de refuge à de nombreuses espèces marines (par exemple, les récifs de coraux à eau froide, les éponges de haute mer, les bancs de crinoïdes).

168. La pêche pratiquée en dehors des zones de juridictions nationales cible un nombre réduit d'espèces, telles que la crevette rouge, la crevette nordique, quelques poissons démersaux (comme le merlu), certains poissons pélagiques de petite taille (principalement la sardine et l'anchois) et de grande taille, en particulier le thon et l'espadon. Le peu d'information concernant les effets du chalutage en haute mer sur les espèces démersales met l'accent sur la vulnérabilité aux perturbations externes des communautés des fonds boueux profonds, du fait de leur extrême sensibilité aux bouleversements physiques et de la faible capacité d'adaptation de la faune profonde aux changements de l'état sédimentaire et face aux déséquilibres apportés par l'extérieur. D'Onghia *et al.* (2003) a trouvé que, en ce qui concerne le chalutage profond, les taux de rejets s'accroissaient proportionnellement avec la quantité totale des prises et la profondeur. Le faciès à *Isidella elongata*, présent dans les assemblages des zones bathyales sur fond boueux, est un exemple des habitats profonds particulièrement affectés par la pêche. Plusieurs espèces démersales des zones profondes sont éminemment fragiles du fait de leur faible taux de fécondité et de la lenteur de leur métabolisme.

169. Les écosystèmes pélagiques sont principalement touchés par l'utilisation des filets à sennecoulissante, des palangres de fond et des filets dérivants. Les sennes coulissantes ont de lourds impacts, principalement sur la population de thon rouge. En Méditerranée, à l'exception de quelques cas peu nombreux et contrairement à ce qui est observé dans d'autres mers, cette pratique ne semble pas avoir de conséquence particulière sur les populations de cétacés. L'effet des palangres pélagiques se fait ressentir sur les espèces-cibles telles que l'espadon (*Xiphias gladius*), le thon rouge (*Thunnus thynnus*) et le germon (*Thunnus alalunga*). Cette pratique induit également une importante mortalité dans les populations d'élastomobranches, de tortues marines et d'oiseaux marins pris accidentellement.

170. La pêche au filet dérivant est depuis longtemps l'objet de discussions entre plusieurs pays méditerranéens car c'est un équipement qui opère de manière particulièrement indiscriminée et a donc des effets très lourds sur de nombreux groupes vulnérables de l'écosystème pélagique, au rang desquels, notamment, les prises accessoires de cétacés et d'éla-smobran-ches. Au cours des deux dernières décennies, certains gouvernements méditerranéens ont réduit le nombre des bateaux pêchant au filet dérivant et cette pratique a été interdite par la CICTA et la CGPM en 2003. Cependant, cette technique perdure (souvent sous d'autres appellations) et est loin d'être éradiquée en Méditerranée.

171. La dégradation des écosystèmes, causée de manière indirecte par la pêche, affecte également par ricochet les espèces commerciales en les privant d'un habitat conforme à leurs besoins. Au regard de cela, il s'avère nécessaire de réguler les activités de pêche de façon à réduire la dégradation des écosystèmes en créant une approche écosystémique des pêches (AEP) qui prenne en compte non seulement les espèces cibles mais aussi l'écosystème dans son ensemble. Dans le cadre de l'approche basée sur le principe de précaution, des mesures très restrictives sont à l'étude pour la gestion de la pêche (la mise en place de régions fermées à la pêche ou de "zones de protection marine", ZPM), dans un contexte où les connaissances font généralement défaut, notamment sur la façon dont les nombreux écosystèmes contribuent au maintien des ressources halieutiques.

172. Au sein des sous-régions, les sites suivants sont considérés comme des zones critiques au regard des impacts de la pêche hauturière en Méditerranée, particulièrement les écosystèmes pélagiques et démersaux.

#### Dans le bassin occidental méditerranéen

Les zones démersales prioritaires potentielles comprennent :

- Le talus continental du golfe du Lion : un écosystème démersal abritant de nombreuses espèces commerciales (dont le merlu, la crevette, le poisson-pêcheur) et une aire de reproduction vulnérable aux activités de pêche. Déjà classé en FRA (Zone de Pêche Restreinte) par la CGPM.
- Les monts sous-marins de la mer d'Alboran : cette zone contient des récifs de coraux à eau froide et des canyons sous-marins, elle est très vulnérable aux techniques de pêche sur les fonds (chalutage...)

Les zones pélagiques prioritaires potentielles comprennent :

- La partie sud des îles Baléares : une zone de reproduction importante pour le thon rouge en Méditerranée, ainsi que pour les cétacés et les requins.
- Le détroit de Gibraltar et la mer d'Alboran : un important passage migratoire pour le thon rouge et les cétacés.

#### Dans le bassin central méditerranéen

Zones démersales prioritaires :

- Le sud de la Sicile, les rivages de l'île de Malte. Écosystème démersal important comme zone de nourricerie du merlu et où les activités de pêche sur les fonds, notamment le chalutage, devraient être restreintes.
- Récifs de corail en eau froide (*Lophelia pertusa*) au large du cap Santa Maria di Leuca. Habitat spécial, hautement vulnérable à toute perturbation physique infligée par le chalutage sur les fonds. Déjà classé en FRA (Zone de Pêche Restreinte) par la CGPM.

Zones pélagiques prioritaires :

- Canal de Sicile. C'est une importante route migratoire pour les thonidés.

#### Dans la mer Adriatique

Zone démersale prioritaire :

- La dépression Jabuka (Fossa di Pomo). Cette importante nourricerie de merlus, dans le centre de l'Adriatique, devrait être protégée des activités de pêche démersale, principalement du chalutage. En outre, il existe des suintements froids dans la dépression.

Zone pélagique prioritaire :

- L'Adriatique septentrionale. Zone de reproduction de l'anchois et de la sardine.
- L'Adriatique centrale.

#### Dans le bassin oriental méditerranéen

Zones démersales prioritaires :

- La mer de Thrace. Écosystèmes démersaux du golfe de Strymonikos et du plateau de Samothrace qui sont d'importantes zones de reproduction pour le merlu et où les activités de pêche sur les fonds, notamment le chalutage, devraient être restreintes.
- Le mont sous-marin Ératosthène. Habitat spécial, vulnérable aux activités de pêche sur les fonds. Déjà classé en FRA (Zone de Pêche Restreinte) par la CGPM.
- Les suintement froids d'hydrocarbures du Nil. Habitat spécial, unique dans le bassin oriental, qui a besoin d'être protégé des activités de pêche par chalutage qui abîment les fonds. Déjà classé en FRA (Zone de Pêche Restreinte) par la CGPM.

#### A l'échelle de la Méditerranée

Les zones pélagiques et démersales prioritaires potentielles comprennent :

- Les fonds marins méditerranéens au-dessous de 1 000 m. Habitat d'une faune vulnérable et très peu connue, présent dans les 4 sous-régions. Dans ces zones, le chalutage a été interdit par la CGPM.

### **2.4.4 Impacts du dessalement et de l'aquaculture**

#### *Dessalement*

173. Le dessalement est un problème qui fait irruption dans le contexte Méditerranéen, comme dans d'autres parties du monde, du fait de la rapide prolifération des usines de dessalement et de la dépendance accrue du recours à la mer pour la fourniture d'eau douce. Les impacts du dessalement ne sont pas encore complètement analysés. En Méditerranée, certaines études ont montré qu'il a des impacts sur l'écologie marine mais la plupart des informations sur ces impacts proviennent actuellement d'autres régions du monde. Par exemple, la commission littorale californienne a établi une liste des impacts potentiels des usines de dessalement sur l'environnement : impacts potentiels sur les rivages, la qualité de l'air, la pêche commerciale et de loisir, incidences des constructions sur les espèces et les habitats marins et terrestres, problème de la consommation énergétique, effets des facteurs de croissance, impacts sur les ressources maritimes du fait des prises d'eau et des rejets océaniques, impacts sur la navigation, création de bruit, possibles rejets dangereux en cas d'accidents, impacts sur l'accès public aux zones récréatives, sur la qualité visuelle des lieux, sur la qualité et sur la quantité d'eau (par exemple, les effets du rabattement des eaux ou de l'intrusion d'eau salée dans les sources souterraines) ainsi que tous les impacts cumulés ([www.cleanocean.org](http://www.cleanocean.org)).

174. Le rejet de saumure a d'indéniables conséquences sur les biotes marins. La saumure est non seulement du sel concentré, mais elle inclut aussi des produits chimiques industriels et des métaux lourds qui proviennent des usines de dessalement d'où ils s'échappent du fait des effets corrosifs des sels. Quand une saumure chargée flotte au milieu du benthos, elle est en mesure d'affecter directement les organismes et d'interférer avec le transport d'oxygène et la distribution de nutriments.

175. Bien que le développement rapide du dessalement concerne plus particulièrement les alentours des régions arides du bassin méditerranéen, les plus forts impacts en apparaîtront probablement dans la partie ouest de la sous-région Méditerranée occidentale ainsi que dans la partie la plus orientale de la sous-région Méditerranée orientale (c'est-à-dire le Moyen-Orient).

#### *Aquaculture/mariculture*

176. L'aquaculture est une pratique relativement ancienne dans le bassin méditerranéen. Mais elle s'est répandue de manière considérable depuis les années 1990, en particulier la mariculture. Cette dernière pratique l'élevage de la daurade royale *Sparus aurata*, du loup de mer (bar commun européen) *Dicentrarchus labrax*, de la moule *Mytilus galloprovincialis* et de l'huître creuse japonaise

*Crassostrea gigas*. 58 % de la production émane de pays européens mais la Grèce est le premier pays producteur de mariculture offshore avec plus de 120 000 tonnes annuelles de loup de mer et de daurade royale. S'agissant de l'élevage des mollusques bivalves, les moules et les huîtres occupent respectivement la première et la seconde place, la production annuelle cumulée de la France et de l'Espagne avoisinent les 500 000 tonnes. L'aquaculture des lagunes méditerranéennes cible les espèces typiques de ces environnements telles que le loup de mer *Dicentrarchus labrax* et la daurade royale *Dicentrarchus labrax*. La production mondiale en 2008 était de 66 738 tonnes (496 898 US\$) pour le loup et de 113 062 tonnes pour la daurade. La majeure partie de la production de daurade a lieu en Méditerranée : la Grèce (49 %), la Turquie (15 %), l'Espagne (14 %) et l'Italie (6 %) en sont les plus grands pays producteurs (FAO, 2010).

177. En matière d'aquaculture, la capture de populations sauvages de thon rouge (*Thunnus thynnus*) à des fins d'engraissement dans les cages des fermes aquacoles, est une pratique qui contribue largement à l'effondrement des stocks de thon. En outre, les petites espèces pêchées pour nourrir les thons (le maquereau, par exemple) sont également en passe de devenir surexploitées (PNUE/PAM – CAR/ASP, 2003).

178. La pêche peut avoir des effets en cascade sur la structure trophique de l'écosystème marin du fait de la capture des grandes espèces de prédateurs, pélagiques ou démersaux (on l'appelle parfois "la pêche vers le bas de la chaîne alimentaire"). La surpêche réduit les populations des poissons de plus grande taille et de plus grand prix qui sont les maillons supérieurs de la chaîne alimentaire, comme les piscivores, et il en résulte que les niveaux trophiques moyens des prises diminuent en fonction de l'effort de pêche fourni. Selon les statistiques halieutiques de la FAO, le niveau trophique moyen des pêches méditerranéennes a baissé d'un palier au cours des cinquante dernières années (Pauly *et al.*, 1998). Les explosions constatées dans les populations d'organismes indésirables comme les méduses peuvent être la conséquence de la surpêche, puisque les proies sont "libérées" de leurs prédateurs quand ceux-ci sont prélevés. Cependant, de récentes recherches indiquent que la pêche est également la cause de changements écologiques significatifs à des niveaux trophiques inférieurs, parmi les poissons de petite taille (Pinksy *et al.*, 2011).

## **2.5 Perturbations physiques**

### **2.5.1 Effets des constructions et infrastructures littorales et de l'urbanisation côtière**

179. Le développement littoral et l'urbanisation exercent des pressions importantes sur l'environnement méditerranéen. Des habitats sont détruits et dégradés par les constructions, l'installation d'infrastructures et le réaménagement des terres littorales. Les carrières de sable et autres activités extractives peuvent conduire à des bouleversements majeurs des habitats et à des pertes de services. Le détournement d'eau douce depuis les estuaires peut changer la nature saumâtre des eaux de ces écosystèmes et contribuer à une diminution des services qu'ils fournissent. Les constructions côtières, telles les digues, levées, épis et autres ouvrages de protection, affectent non seulement les zones dans lesquelles elles sont installées mais aussi de larges bandes côtières du fait des changements induits dans les courants et la dynamique littorale. De même, l'accroissement des surfaces non perméables associées au développement de l'urbanisation favorise un écoulement bien plus important de polluants vers les rivages.

180. La pression démographique a conduit à une utilisation accrue des ressources et habitats et est également à l'origine de leur dégradation. La perte d'habitat est l'un des facteurs les plus importants de la perte de biodiversité et du déclin des services écosystémiques (MA, 2005). Paradoxalement, c'est une des activités d'importance majeure pour la région méditerranéenne, le tourisme, qui est aussi à l'origine des plus grandes pertes d'habitats, ainsi que la source de vastes dégradations (UNEP, 2009). La perte de la biodiversité marine et côtière en Méditerranée est due à l'existence de causes concomitantes et de diverses pressions qui agissent en synergie : surpêche et dégradations environnementales associées aux activités de pêche, invasions biologiques d'espèces non indigènes, souvent liées aux changements climatiques et à d'autres perturbations physiques, incluant les effets de la pêche, et, enfin, la pollution et la propagation d'éléments pathogènes. Les changements climatiques sont la toile de fond sur laquelle s'expriment ces divers facteurs, les accentuant dans certains cas, causant des dégâts irréversibles, dans d'autres.

181. L'aménagement littoral et l'installation des infrastructures associées, l'utilisation et le détournement de l'eau douce, ainsi que l'accroissement des surfaces non poreuses au sein des zones

côtières, sont des facteurs qui peuvent exacerber l'action des phénomènes érosifs sur les rivages. Une étude récente a modélisé les effets cumulatifs de ces différents impacts et démontré leur potentiel érosif (Micheli, 2011). En modélisant également, à l'échelle du Bassin tout entier, les impacts potentiels de l'ingénierie côtière, combinée aux actions de stabilisation des rivages, on a pu identifier les zones où le développement urbain exerçait le maximum de pression dans la région méditerranéenne.

182. Les modes d'occupation des sols dans les bassins versants peuvent se révéler un facteur important dans la dégradation des côtes et des écosystèmes marins. L'apport de sédiments en direction des côtes est un processus-clé qui permet l'entretien des rivages. La construction de barrages et autres détournements d'eau douce réduit l'apport de sédiments et peut être la cause d'une érosion au niveau des littoraux. En Méditerranée, l'écoulement de l'eau des rivières varie de moins de 10 mm par an en Libye à plus de 1 000 mm en Grèce. Le ratio de sédiments rapporté à l'écoulement annuel pour les rivières des zones de moyenne montagne méditerranéennes est plus haut que la moyenne globale, mais cette situation est peut-être en passe de changer du fait de l'utilisation des sols. Parmi les 20 rivières méditerranéennes pour lesquelles le taux d'écoulement à long terme est connu, seules 2 (les fleuves Segura et Rhône) montrent une augmentation de l'écoulement alors que celui de 14 autres connaît une chute de 30 % ou plus (Milliman and Farnsworth, 2010). Il en résulte un creusement des chenaux des rivières ainsi qu'une érosion des rives et des deltas (comme dans les cas du Nil, de l'Èbre ou du Rhône).

### **2.5.2 Impacts des constructions offshore et activités de dragage**

183. Les constructions offshore incluent les plateformes pétrolières, les fermes éoliennes, d'autres infrastructures du secteur énergétique, ainsi que les installations pour la recherche scientifique. Les impacts de ces constructions n'ont pas été systématiquement évalués pour la Méditerranée mais cela pourrait constituer un nouvel enjeu auquel il conviendrait d'attacher de l'importance. Il existe des implications potentielles pour les communautés benthiques directement concernées par l'implantation de la construction, pour l'écologie benthique qui, d'une façon plus générale, subit les effets indirects de ces constructions et du fonctionnement des infrastructures offshore, pour le couplage milieu benthique-colonne d'eau ainsi que pour l'écologie et le comportement des organismes pélagiques évitant les installations ou affectés par les changements dans les courants.

184. Comme les principales sources de pollution pétrolière en Méditerranée proviennent du transport maritime, par le biais de déversements à la fois accidentels et délibérés, des dépôts atmosphériques (via les activités militaires et les avions commerciaux), des raffineries littorales et installations offshore, ainsi que de certaines activités terrestres (déversement direct ou via les rivières) (GESAMP, 2005 ; GESAMP 2007 ; Redondo *et al.*, 2008), l'installation et le fonctionnement de constructions offshore pourraient constituer une menace significative. Le transport maritime est une des principales sources de pollution par les hydrocarbures pétroliers (pétrole) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) en mer Méditerranée (UNEP/MAP-EEA, 2006).

185. Les déversements de pétrole et marées noires dans les zones marines peuvent avoir un impact significatif sur les écosystèmes marins de Méditerranée. La consistance du pétrole peut causer une contamination de la surface et l'étouffement des biotes marins, et ses composants chimiques peuvent avoir des effets toxiques aigus ainsi que divers impacts de nature accumulative sur le long terme. Les dommages occasionnés par les marées noires ne sont pas limités à l'environnement mais ont également une composante socio-économique. Les marées noires dans les zones côtières dont l'économie dépend du tourisme, les zones d'aquaculture ou celles abritant des ressources halieutiques (zones de pêche, de reproduction et d'alimentation des espèces) peuvent être très sérieusement endommagées. Les activités de pêche peuvent être interrompues et le tourisme décliner, avec les pertes de revenus et de moyens de subsistance que cela implique. Même s'il n'y a que peu ou pas de dommages effectifs sur l'environnement, l'idée seule qu'une marée noire a affecté un rivage peut suffire à avoir un impact (PNUE/PAM-AEE, 2006).

### **2.5.3 Impacts de la pêche sur les fonds marins**

186. L'utilisation d'engins de fond peut causer une série d'effets en cascade sur l'écosystème. Les processus d'eutrophisation peuvent être accentués, conduisant à l'hypoxie des zones de fonds meubles fragiles (comme dans le nord de la mer Adriatique) et la quantité de sulfure d'hydrogène rejeté par les sédiments peut augmenter (Caddy 2000). Par exemple, la remise en suspension de

sédiments riches en matière organique peut causer la réduction des macrophytes, du zoo-benthos et des poissons démersaux mais, d'un autre côté, les espèces adaptées ou tolérantes aux conditions hypoxiques sont susceptibles de s'accroître. Le chalutage et le dragage peuvent aussi avoir une influence sur l'intensité et la durée des crises hypoxiques saisonnières naturelles. Par exemple, en mer Adriatique, ces conditions peuvent aggraver la mortalité estivale des jeunes mollusques.

187. Le chalutage peut aussi ôter les espèces macrobenthiques de grandes taille et longévité, et réduire subséquemment la zone de bioturbation (Ball *et al.* 2000). Une telle réduction peut accentuer le risque d'eutrophisation. Les perturbations liées à la pêche peuvent causer des changements dans la structure de la communauté benthique, qui affectent particulièrement les mobiles espèces nécrophages, certainement le groupe le plus limité en matière d'alimentation que l'on trouve dans les fonds marins boueux (PNUE/PAM – CAR/ASP, 2003). Le chalutage est aussi responsable des changements granulométriques et de texture des sédiments, et de la destruction de la configuration des fonds. Les communautés coralligènes et de maërl sont particulièrement mises en danger par cette technique déjà responsable de la disparition du maërl au large de la Méditerranée (PNUE/PAM – CAR/ASP, 2008a).

#### **2.5.4 Détournements d'eau douce**

188. Le détournement d'eau douce depuis les zones d'estuaire et de lagune a un impact important, non seulement sur l'écologie côtière, mais aussi, potentiellement, sur celle de tout l'environnement marin puisque des zones de nourriceries peuvent être perdues à cause de ces captages d'eau douce. La modification des débits affecte également l'apport des sédiments à la côte et une des conséquences involontaires de ce cas de figure est l'aggravation de l'érosion littorale. Bien qu'il existe quelques informations à l'échelle globale suggérant que de fortes baisses des débits se sont produites dans l'ensemble du Bassin (voir par exemple Milliman and Farnsworth 2011), les détournements dus à l'irrigation et aux captages réalisés dans les bassins versants n'ont pas été étudiés de manière systématique dans le contexte général de l'écologie méditerranéenne et requièrent des recherches complémentaires.

#### **2.5.5 Pressions environnementales dans la colonne d'eau : bruits sous-marins, détritiques marins**

189. Le bruit sous-marin est une préoccupation grandissante, en particulier car il affecte la communication et le comportement des mammifères marins (notamment les baleines à bec) et de certains poissons. Avec l'immense pression que représente le trafic maritime en Méditerranée, les impacts potentiels du bruit sont probablement très étendus mais cependant non encore quantifiés. La CIEM et d'autres groupes scientifiques ont indiqué que la priorité des recherches futures est de déterminer la distribution des espèces vulnérables et le degré de corrélation existant entre, d'une part, les voies maritimes et la zone d'exploration sismique, et, d'autre part, la présence d'habitats importants pour ces espèces. A cet effet, la cartographie de l'information, ainsi que le dernier chapitre de ce rapport l'appelle de ses vœux, serait très utile.

190. Associés pour une part à l'intensité du trafic dans le Bassin méditerranéen, mais également en provenance d'autres sources, les détritiques marins restent un problème pour de nombreuses zones méditerranéennes. Le gros de ces détritiques semble provenir des ménages rejetant directement leurs déchets à la mer. Les infrastructures touristiques participent également au rejet de ces détritiques, ainsi que les apports des rivières, les ordures émanant des bateaux, petits et grands, et des municipalités (voir Figure 2.15). Les impacts écologiques des dépôts d'ordures sur les plages, les rivages et les eaux marines, ainsi que les effets des microplastiques dans la colonne d'eau, n'ont pas encore été mesurés en Méditerranée.

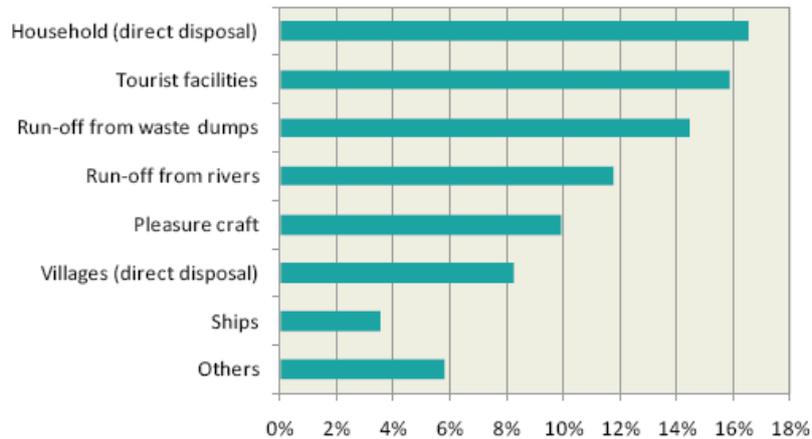


Figure 2.15. Sources des déchets marins (PNUE/PAM — PB/CAR 2009)

191. Les immersions d'épaves, de boues portuaires et d'autres matériaux dangereux au large représentent un autre risque pour les écosystèmes méditerranéens. Les déversements involontaires, comme cela se produit lors d'accidents de navigation ou de marées noires, constituent un sérieux danger pour les organismes marins. L'exploration pétrolière et gazière, utilisation des capteurs sismiques incluse, est susceptible d'avoir de profondes conséquences sur les organismes marins. Des activités associées, telles que les installations de pipelines, peuvent avoir des effets additionnels.

192. Les océans sont des lieux d'accumulation de déchets liquides, solides et atmosphériques. Cela apparaît de manière évidente près des rivages mais les zones de haute mer sont également affectées. 70 % des chaluts de haute mer remontés à des fins de recherches contiennent des déchets, tels que des bouteilles en verre et en plastique, des boîtes de métal, des cordes en nylon et des emballages plastiques (Galil *et al.*, 1995). Les navires sont considérés comme la plus grande source de déchets en Méditerranée. Bien que le rejet d'ordures (à l'exception des déchets alimentaires) soit prohibé en Méditerranée, ces réglementations ne sont pas automatiquement appliquées.

## 2.6 Changements climatiques et nouveaux enjeux

193. Les changements climatiques sont la toile de fond sur laquelle s'expriment toutes les autres pressions, d'origine anthropique ou autres. De nombreuses choses ont été écrites quant aux effets prévisibles des changements climatiques sur les écosystèmes marins de Méditerranée, ainsi que sur la modification des cycles du carbone et de l'azote. En fait, la preuve que les changements climatiques ont déjà eu un impact sur l'écologie méditerranéenne est indiscutable. L'évaluation des effets cumulés par Micheli (2011) souligne l'importance des changements de températures (de la surface de la mer et autres) et des modifications subséquentes du niveau de l'eau qu'ils ont induites dans le Bassin (voir section suivante). La modélisation des températures de la surface de la mer (TSM) révèle l'existence de zones potentiellement plus sensibles aux impacts des changements climatiques, en particulier les eaux au large de la Crète, autour de l'île de Rhodes et à l'ouest de Chypre dans le bassin oriental, ainsi que dans certaines parties méridionales de la mer Adriatique et dans le sud de la sous-région centrale.

194. En sus des effets de l'augmentation des températures que l'on s'attend à voir directement sur les biotes et les processus écologiques, on pense que les changements climatiques vont provoquer une modification du niveau de la mer, causant une acidification de l'eau de mer et des altérations physiques du domaine océanique. Ces impacts vont à leur tour induire des changements dans la charge de pollution (du fait des sédiments et également des éléments contaminants libérés de leurs substrats côtier et marin) et affecteront les physiologies des organismes individuels ainsi que l'adaptabilité et la capacité de survie des espèces et groupes taxonomiques.

195. Le forçage climatique affectera aussi les flux d'eau douce des réseaux hydrographiques vers la mer. Le travail de Ludwig *et al.* 2009 a suggéré que les changements climatiques à eux seuls pourraient provoquer une réduction du déversement d'eau de plus de 20 % sur l'ensemble de la Méditerranée. Les plus fortes réductions apparaissent en mer d'Alboran (-64 %), dans la partie sud-occidentale (-31 %), dans la zone méridionale levantine (-25 %), en mer Égée (-24 %) et dans

l'Adriatique (-17 %). De telles réductions en seulement 40 ans sont tout à fait exceptionnelles (Ludwig *et al.*, 2009). Cela éclaire le fait que la région méditerranéenne ait été désignée comme un des points sensibles les plus prononcés dans les projections concernant les futurs changements climatiques (Giorgi, 2006).

196. Ces réductions du débit des rivières pourraient avoir des implications hydrologiques affectant la circulation dans le Bassin. Skliris *et al.* (2007) a démontré par le biais d'une modélisation que les réductions dans les apports d'eau douce des rivières pourraient accélérer les taux de formation d'eaux profondes en Méditerranée. Les données montrent que durant la période 1984-1994, les déversements des rivières dans la mer Égée ont été soudain réduits de plus de 30 %, en comparaison des années précédentes (1960-1984). Cela a pu contribuer à créer des eaux de surface d'une salinité plus haute, favorisant la formation d'eaux profondes et le début du phénomène transitoire de l'EM (Eastern Mediterranean Transient).

197. De nouveaux enjeux apparaissent aussi pour les zones de haute mer. L'attention portée à l'environnement méditerranéen s'est concentrée sur les thèmes du développement littoral, de l'urbanisation, de la pollution des rivages et de la surexploitation des ressources. Mais certains auteurs considèrent les zones de haute mer en Méditerranée comme faisant partie des environnements océaniques profonds les plus touchés dans le monde et, dans le même temps, comme les zones les moins connues en termes de biodiversité (PNUE/PAM – CAR/ASP, 2010) : le risque est qu'une perte significative de biodiversité n'intervienne avant même que les scientifiques n'aient eu le temps de documenter son existence (Briand 2003, Cartes *et al.* 2004).

## CHAPITRE 3 : MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

### 3.1 Introduction

198. La Méditerranée occidentale est peut-être la plus touchée des quatre sous-régions, avec des activités maritimes intensives dont, entre autres, la navigation, la pêche commerciale et le tourisme. De plus, cette sous-région est peut-être la mieux étudiée, malgré le fait qu'elle semble contenir les processus océanographiques et écologiques les plus complexes des quatre sous-régions méditerranéennes.

199. La sous-région de la Méditerranée occidentale englobe la plus grande part de diversité des espèces connues en Méditerranée : 87 % des formes de vie connues en Méditerranée sont présentes en Méditerranée occidentale. Cette sous-région, présentant également un degré élevé de diversité de l'habitat, compte, entre autres, de nombreux marais/zones humides côtiers bien développés, des prairies de zostère marine étendues, des rivages et des récifs rocheux, des communautés coralliennes bien étudiées et des systèmes frontaux très productifs. Cette biodiversité et la productivité relativement élevée de la région soutiennent la pêche commerciale et récréative, ainsi que le tourisme. Ces pressions individuelles et les conflits croissants concernant diverses utilisations dans certaines zones ont déjà eu des impacts sur les écosystèmes marins et la prestation de services écosystémiques. La perte des prairies de *Posidonia* dans la région est un exemple.

### 3.2 Caractéristiques physiques et chimiques

#### 3.2.1 Topographie, bathymétrie et nature des fonds marins

##### *Topographie*

199. Cette sous-région peut être divisée en unités morphologiques (Rehault *et al.*, 1984), basées sur la topographie des fonds. La *plaine bathyale*, entourée par l'isobathe de 2 700 m, se situe dans la partie centrale la plus profonde du bassin avec une profondeur maximale (jusqu'à 2 850 m) atteinte au sud-ouest de la Corse, dans la plaine sardo-baléarique. Les sommets de certains dômes de sel enfouis sont comme des buttes, de 50 à 100 m de hauteur, qui parsèment les plaines bathyales liguriennes et algériennes. Le *glacis continental* et les *éventails deltaïques profonds* (entre 2 000 et 2 700 m) sont largement développés dans la partie nord du bassin, où on trouve trois principaux corps sédimentaires gravitaires. L'éventail deltaïque du Rhône, qui compte de nombreux lobes élémentaires, a la plus grande extension avec un chenal profond et des branches latérales comme collecteur. En mer Ligure, les apports sédimentaires provenant des fleuves du Var et de la Roya et d'autres canyons ont formé un éventail deltaïque profond coalescent. Enfin, la partie principale du golfe de Valence, d'une profondeur supérieure à 1 000 m, appartient à la province géomorphologique en élévation continentale. Le canyon de l'Èbre et les nombreux autres canyons sous-marins plus petits coupent la pente continentale et fusionnent en un cône coalescent complexe, avec de nombreux corps sédimentaires juxtaposés. Des crêtes et parois de sel allongés sont observés, en direction NE-SO ou NO-SE (bassin liguro-provençal), N-S (sud du golfe du Lion) et E-O (bassin algérien). Par rapport au massif provençal ou au massif catalan, les massifs corse, sarde, baléarique et algérien sont encore très étroits.

200. L'asymétrie du bassin est une conséquence de la différence d'apport sédimentaire provenant de deux régions limitrophes de la Méditerranée : au nord, le massif continental et l'éventail deltaïque profond sont alimentés par les flux sédimentaires de grands fleuves européens comme la Roya, le Var, le Rhône et l'Èbre ; les cours d'eau sont cependant mineurs en Corse, en Sardaigne, aux îles Baléares et en Algérie et les rives sont, par conséquent, sous-alimentées.

201. La *mer d'Alboran* est décrite séparément. Le bassin algérien occidental est délimitée par les isobathes de 2 000 m. Le bassin d'Alboran peut être divisé en trois unités morphologiques avec la partie centrale, la crête d'Alboran, délimitée par les isobathes de 1 000 m, des tendances NE-SO, qui séparent les deux bassins, de respectivement 1 500 m (au nord) et 1 100 m (au sud). Vers le nord et le sud, les vastes plateaux marocain et espagnol (1 000 m) sont des extensions vers le large des régions frontalières africaines et ibériques. Vers l'est, la profondeur diminue doucement à 1 000 m de la rive. Située sur la croûte océanique, la colonne sédimentaire est très épaisse (jusqu'à 7 km) et peut

être divisée en trois couches : une formation inférieure détritique, une formation centrale évaporitique et une formation supérieure turbiditique.

### *Bathymétrie*

202. En dehors du golfe du Lion, à l'ouest de la Sardaigne, le promontoire sud de Minorque et le plateau d'Ibiza, le plateau continental et les régions en pente sont étroits dans l'ensemble du bassin méditerranéen occidental (Figure 3.1). La plupart des plateaux continentaux sont de petits prismes de progradation pliocènes et quaternaires, construits sur des surfaces d'érosion messénienne. Mais le Rhône et l'Èbre alimentent une grande plateforme épaisse progradée dans le golfe du Lion et le golfe de Valence. La profondeur de la rupture du plateau est variable : au large de la Provence, de la Corse, des îles Baléares et de l'Algérie, il n'y a pas plus de 100 à 125 m de profondeur. Elle est plus importante au large de la Toscane (130 à 150 m) et atteint 200 à 235 m au large de l'ouest de la Sardaigne. Comme indiqué par la récente bathymétrie informatisée (<http://www.ifremer.fr/caraibes>), la pente est raide (6° à 10°), rocheuse ou recouverte par une mince feuille sédimentaire et divisée en étapes successives. Lorsque la côte est montagneuse (Provence, Alpes liguriens, Corse, Algérie, sud des îles Baléares), la pente est localement supérieure à 15°.

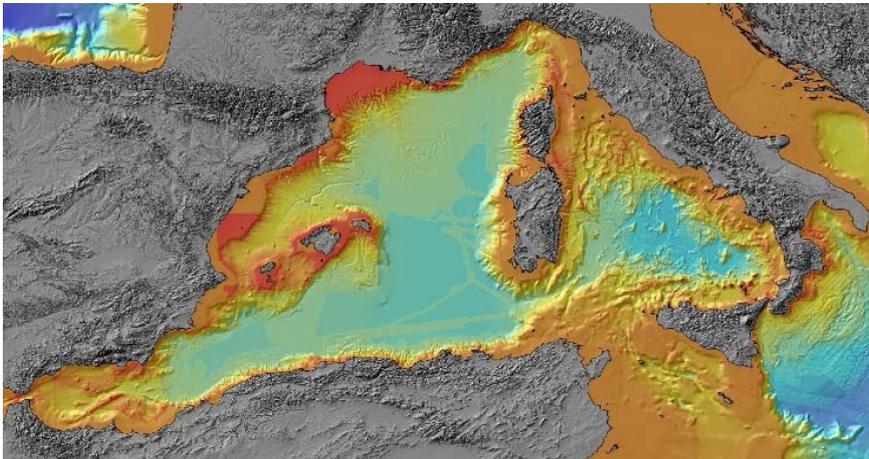


Figure 3.1 : Bathymétrie du bassin occidental de la Méditerranée (Géosciences Azur, IFREMER, CIESM, 2008, et données du faisceau de mer des pays alentours)

203. Dans cette sous-région, le plateau continental est fragmenté et discontinu. Extrêmement petit, il disparaît le long des montagnes côtières et se développe au large de la côte près des principaux fleuves dont le Rhône, l'Èbre et le Tibre et dans les grands golfes (golfe du Lion) ou baies (d'Alger, d'Algésiras, de Tunis, etc.).

### *Nature des fonds marins*

204. Les processus sédimentaires qui contribuent à la composition des fonds marins sont complexes, avec l'apport de sédiments qui est influencé par l'écoulement fluvial, les courants, la tectonique et d'autres facteurs. D'autre part, l'origine de la matière est double : biogénique des organismes planctoniques ou benthiques et terrigènes des sédiments fluviaux (fins, grossiers). Ces derniers sont les plus importants.

205. La répartition des sédiments terrigènes sur les fonds marins est faite sur un gradient bathymétrique ou un gradient de limon de la côte à la mer avec une succession caractéristique des faces sédimentaires : sable fin, sable fin limoneux, vase sableuse et vase véritable. Le limon de sable fin et les vases sableuses sont des sédiments de transition permettant des modifications du sable fin côtier en vases pures au large. Dans les caps autour des baies et golfes de la côte africaine, les fonds marins sont cahoteux (sable très grossier, gravier). Ensuite, la répartition des faces sédimentaires est un modèle général pour les rives sud. Les sables fins se trouvent dans les eaux peu profondes où ils forment une bande côtière étroite. Les vases sont parfois pures et occupent presque tout le plateau continental (golfe d'Al Hoceima, baie d'Arzew, Bou-Ismaïl, golfe de Bejaia, Skikda, baie de Tunis), tandis que l'absence de fleuve et les oueds (baie d'Oran) favorisent les sables grossiers et les graviers. Les apports directs de sédiments influencés par les mouvements tectoniques ont été décrits

pour le bassin occidental. Ils agissent comme des sources importantes de métaux en traces naturels et complètent d'autres sources de cycles biogéochimiques (Rajar *et al.*, 2008). Les apports liés à la tectonique sont importants dans les zones volcaniques et autour des sources géothermiques comme le sud de la mer Tyrrhénienne. Ces apports expliquent les niveaux naturels importants de métaux autour de certaines îles (Éoliennes, Sardaigne, Palmarola). La présence de mines situées en amont des rivières ou ruisseaux dans le bassin (Monte Amiata en Toscane) est également une source de sédiments enrichis (PNUE/PAM, 1996).

206. La remise en suspension naturelle des sédiments est dominée par des vagues de courte durée descendant jusqu'à 40 m de profondeur. Les vents côtiers (mistral, tramontane sur la rive nord et sirocco dans le sud) n'ont aucun effet sur la remise en suspension, mais ils contrôlent la dispersion des eaux turbides vers le large. Ce phénomène naturel permet une libération de nutriments dissous dans les eaux pauvres en sédiments. Les effets du chalutage de fond sont tout à fait comparables à de fortes tempêtes localisées et affectent la remise en suspension des *sédiments* fins provenant des plateaux continentaux (50 à 200 m de profondeur) où les effets des vagues et des courants sont négligeables. À l'échelle de la flotte de pêche du golfe du Lion, le volume de sédiments remis en suspension (5 millions de tonnes, environ 3 % des apports des tempêtes) est équivalent aux apports de particules provenant du Rhône (Ferre *et al.*, 2008). Ensuite, les nutriments remis en suspension sont dans des quantités d'ordre de grandeur plusieurs fois supérieurs à ceux provenant des flux naturels et de la bioturbation. Ils doivent donc être pris en compte pour l'évaluation des cycles biogéochimiques.

### **3.2.2 Salinité, température ; courants ; transport de sédiments, etc.**

#### *Salinité et régimes de température*

207. Les processus hydrologiques sont spatialement et temporellement dynamiques en raison de la forte variabilité du régime des précipitations, de l'influence de la topographie et de la répartition spatiale du sol et de l'utilisation des terres. La variabilité temporelle des précipitations pendant et entre les années est l'une des caractéristiques spécifiques de ce climat marqué par une succession de périodes sèches et de crues brutales qui affectent localement la salinité.

208. L'amélioration des capteurs a rendu possible l'observation de ces changements, qui pourraient être liés au climat ou à la variabilité naturelle associée à l'oscillation nord atlantique. En fait, la température et la salinité sont surveillées de façon régulière à partir de divers capteurs disponibles en ligne (voir pour exemples, le projet GMES, <http://www.gmes.info/index.php> ; le projet MOON, <http://www.moon-oceanforecasting.eu/>) et des bases de données à l'échelle régionale et sous-régionale comprenant des participants de tous les pays entourant le bassin occidental (projet MEDAR, <http://www.ifremer.fr/medar/> ; <http://medar.ieo.es/>) (Figure 3.2).

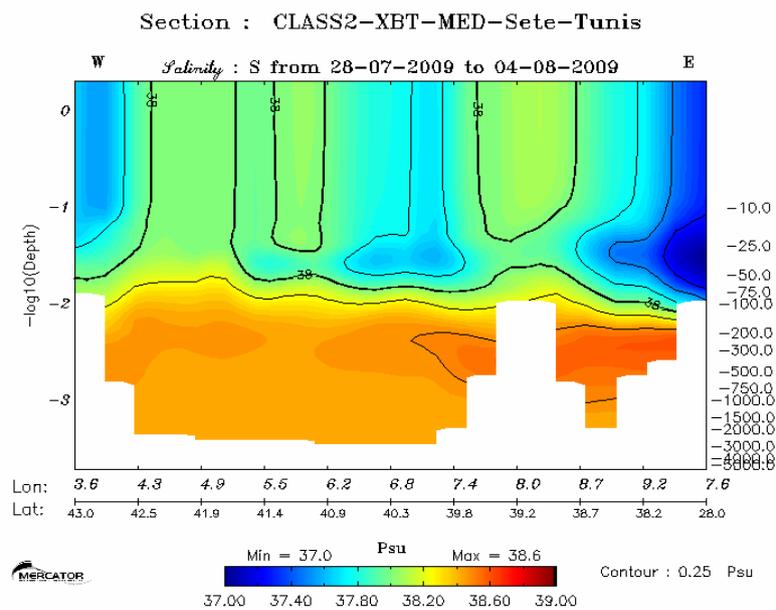
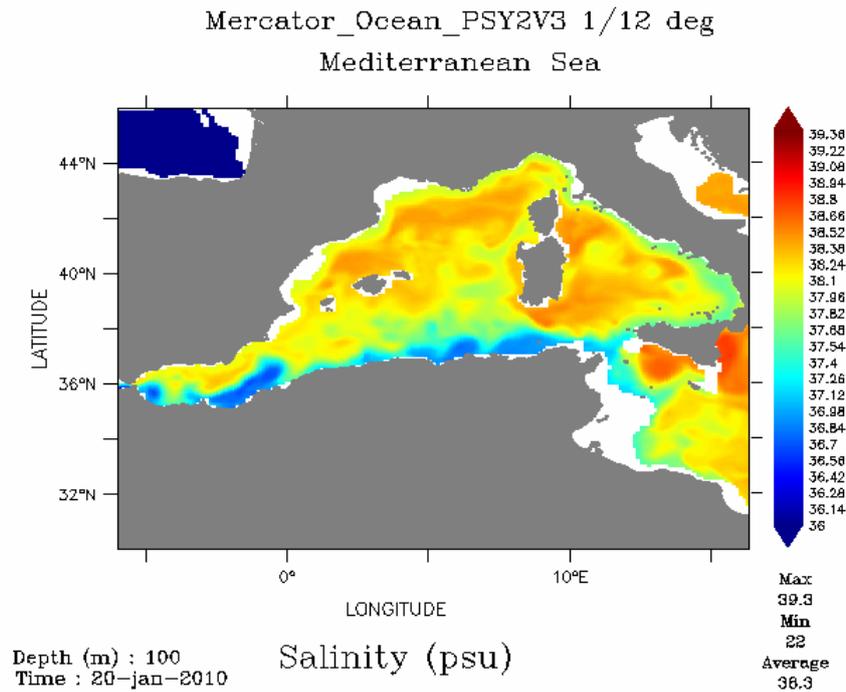


Figure 3.2 : Salinité de surface du bassin occidental (20/01/2010) et profil de salinité le long d'un transect Sète-Tunis (valeurs moyennes pour la période 28/07 — 04/08/2009, <http://bulletin.mercator-ocean.fr/>)

209. Sur le plan climatique, la Méditerranée est caractérisée par des températures chaudes, un hiver dominé par des précipitations, un été sec et une profusion de microclimats en raison des conditions environnementales locales (Ludwig *et al.*, 2003). La température annuelle moyenne suit un gradient du nord au sud marqué sur lequel se superposent des effets orographiques locaux. Les températures de la surface de la mer sont généralement supérieures aux parties sud du bassin (Figure 3.3). Les précipitations annuelles moyennes présentent un gradient général décroissant du nord au sud. Dans les régions alpines et pyrénéennes en amont du Rhône et de l'Èbre, les valeurs des précipitations annuelles atteignent 1 500 à 2 000 mm/an et plus.

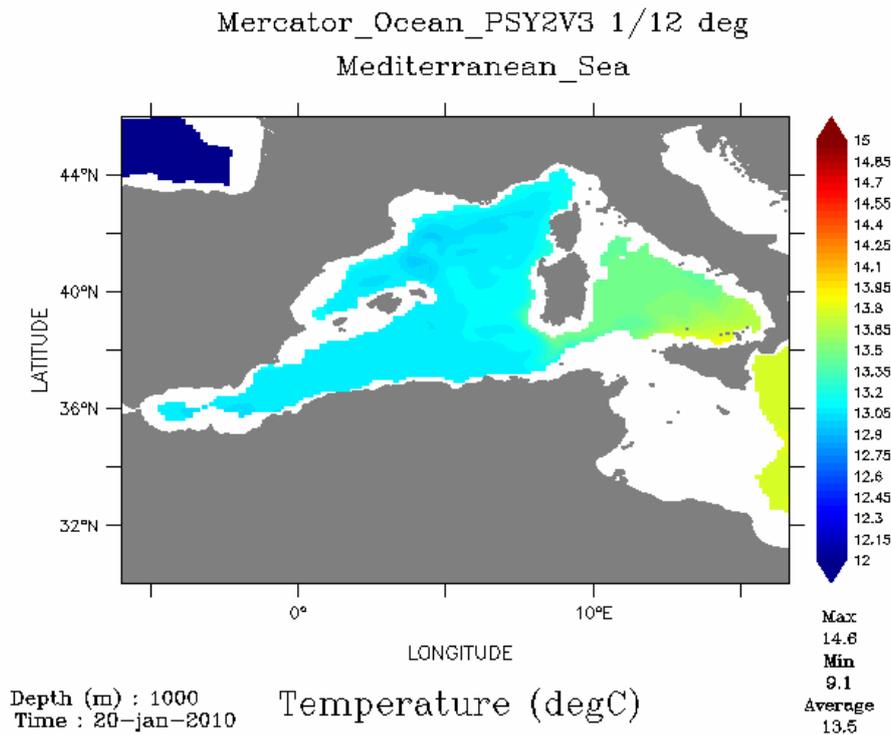
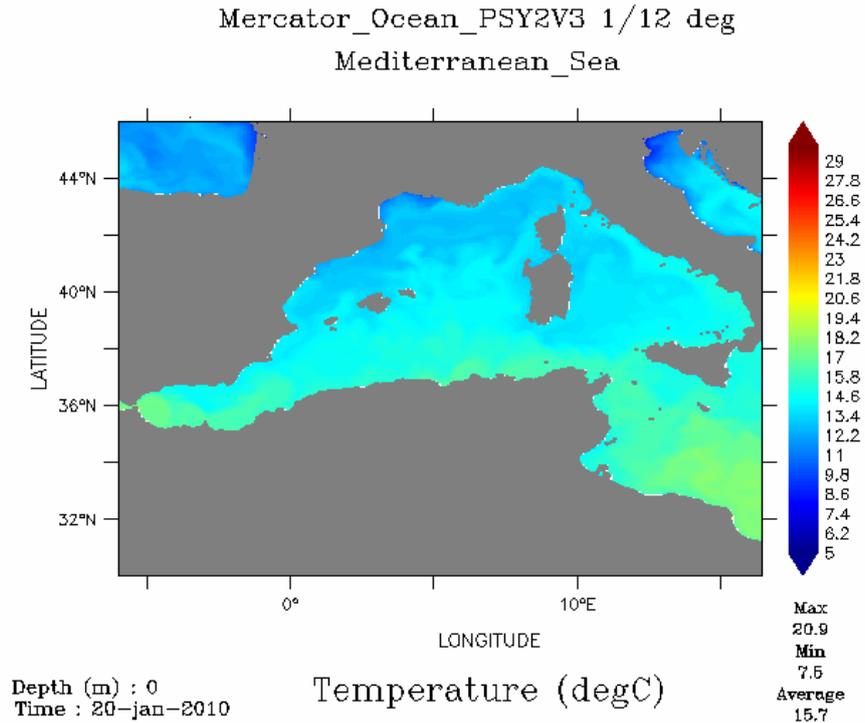


Figure 3.3 : Exemples de mesures de températures à l'échelle du bassin occidental  
(<http://bulletin.mercator-ocean.fr/>)

210. L'important contraste été-hiver est la principale caractéristique du climat méditerranéen. Ce contraste augmente du nord au sud et de l'ouest à l'est (Ludwig *et al.*, 2003). Les précipitations apparaissent principalement pendant l'hiver et l'automne et souvent moins de 10 % des précipitations annuelles tombent en été. Les fortes précipitations en automne sont typiques des côtes de l'Espagne, de la France et de l'Italie. Le Rhône et l'Èbre représentent à eux seuls plus de 20 % des apports riverains en Méditerranée.

211. Des mesures altimétriques ont montré que la hauteur de la surface de la mer avait changé au cours de la dernière décennie dans le bassin méditerranéen. Au cours des 25 dernières années, le taux d'augmentation de la température de la surface de l'eau dans l'ensemble des mers européennes a été environ 10 fois plus rapide que le taux moyen du siècle dernier. En Méditerranée, le réchauffement est trois fois plus rapide que la moyenne globale sur les 25 dernières années. Les eaux profondes dans le bassin occidental ont également évolué lentement depuis 1970 avec une température et une salinité croissante (Rixen *et al.*, 2005), tandis que les températures superficielles ont augmenté en moyenne de 1° par an en 30 ans, principalement en raison des températures hivernales plus chaudes. De même, l'eau dense formée en hiver sur le plateau continental du golfe du Lion pourrait contribuer de façon significative à la modification des caractéristiques des eaux profondes occidentales.

212. Les rivières sont d'importantes sources d'eau douce et de nutriments pour la Méditerranée. Une reconstruction de la variabilité spatiale et temporelle de ces apports depuis le début des années 1960, basée sur les données disponibles concernant le déversement d'eau, les concentrations nutritives et les paramètres climatiques, a été réalisée récemment (Ludwig *et al.*, 2009). Les résultats ont démontré que les cours d'eau souffraient d'une diminution significative du déversement d'eau douce, estimée à au moins 20 % entre 1960 et 2000. Les récents changements climatiques et la construction du barrage ont encore réduit le déversement. Les fleuves jouent un rôle particulier dans le maintien de la productivité marine en Méditerranée. Cette dernière est un bassin semi-fermé et dispose d'une zone de drainage de grande valeur à la surface par rapport à l'océan ouvert. L'importance de la forte connexion aux apports fluviaux est liée au caractère oligotrophique de la Méditerranée.

213. Comme les nutriments sont exportés vers l'océan Atlantique, ils sont perdus pour la production primaire interne du bassin. Les zones de forte productivité sont, par conséquent, restreintes aux eaux côtières à proximité des principaux apports d'eau douce, comme le montrent les images satellite sur les concentrations de chlorophylle dans les eaux de surface (Bosc *et al.*, 2004).

214. Des estimations de flux d'eau douce fluviale en Méditerranée ont été établies par les inventaires des principaux fleuves, la cartographie des profondeurs moyennes de ruissellement, la modélisation ou les inventaires par pays des ressources en eau. La plupart d'entre elles varient autour de 400 à 450 km<sup>3</sup>/an pour la Méditerranée. La quantification précise de la réduction est compliquée du fait que des cycles de périodes humides et sèches viennent également se superposer à cette évolution. Des séries de précipitations et de déversements (par ex. dans les cours d'eau du Rhône) à long terme indiquent que, dans la partie nord de la Méditerranée, ces cycles apparaissent à des intervalles d'environ 20 ans (Zanchettin *et al.*, 2008). Une diminution du déversement total d'eau douce de 80 à 100 km<sup>3</sup>/an par les cours d'eau est donc une estimation réaliste pour les 40 à 50 dernières années sur l'ensemble de la Méditerranée. Les résultats des analyses révèlent de fortes tendances négatives pour la moitié, voire les deux tiers, des cours d'eau Méditerranéens. La tendance négative la plus forte apparaît pour les cours d'eau qui ont été affectés par la construction de barrages, comme l'Èbre en Espagne et la Moulouya au Maroc. Le Rhône ne suit pas cette tendance générale. Son déversement reste à peu près constant, car il est affecté par le climat non méditerranéen dans la partie nord du bassin.

215. Les études de surveillance et de modélisation climatiques ont révélé une tendance générale vers des conditions plus sèches et plus chaudes, qui a déjà commencé au siècle dernier et qui devrait encore se dégrader à l'avenir (Giordi et Lionello, 2008). On peut s'attendre à de fortes répercussions pour les déversements d'eaux fluviales et les modifications des apports fluviaux méditerranéens représentent donc des facteurs potentiels de modifications des écosystèmes marins à long terme. Pour les bassins de drainage du bassin occidental, on constate une tendance négative très importante pour les précipitations avec une diminution moyenne d'environ 11 %. Cette diminution est particulièrement importante dans la mer d'Alboran (34 %). De même, la mer sud-ouest semble être touchée par une baisse des précipitations. D'autre part, les températures ont fortement augmenté. Lespinas (2008) a indiqué une augmentation moyenne de la température d'environ 1,5 °C entre 1965 et 2004 dans une étude régionale sur les bassins fluviaux côtiers dans le golfe du Lion. Bien que les précipitations annuelles soient restées à peu près constantes, il a été démontré que le déversement d'eau avait diminué dans cette région, principalement du fait d'une réduction de la température du stockage de l'eau interne du bassin dans la neige, le sol et les eaux souterraines.

216. Les réserves peuvent réduire le déversement naturel des cours d'eau, en particulier lorsque l'eau est extraite pour l'irrigation des champs. L'Èbre en Espagne est un exemple type où

l'endiguement a été développé de façon continue à des fins agricoles. Ce fleuve compte aujourd'hui plus de 130 barrages dans son bassin et la forte réduction continue de ses déversements est généralement attribuée à l'utilisation anthropogénique de l'eau (Ludwig *et al.*, 2009). La Moulouya dans le bassin de drainage de la mer d'Alboran en est un autre exemple intéressant. Là, la tension hydrique climatique induite était forte dans cette région méditerranéenne et un grand barrage (Mohamed V) a été construit en 1967 (Snoussi *et al.*, 2002). La diminution prédite du ruissellement de cette rivière (72 %) est presque reproduite par l'analyse des tendances et le déversement observé avant et après la construction du barrage suggère que l'extraction de l'eau peut avoir réduit le déversement d'environ 20 %.

#### Circulation océanique/courants

217. La Méditerranée occidentale présente un solde d'eau négatif : les pertes dues à l'évaporation vers l'atmosphère sont plus grandes que les gains issus des précipitations, du ruissellement des principaux cours d'eau et des apports de la mer Noire. Comme le bassin est limité par les détroits peu profonds de Gibraltar et de Sicile, le flux de surface chaud d'eau atlantique transformé en des eaux méditerranéennes denses reste essentiellement pris au piège dans les zones plus profondes.

218. La circulation générale (courants résidents) a été étudiée de façon approfondie au cours des dernières décennies (Figure 3.4). Les expériences MEDIPROD (1986-1987), PRIMO-0 (1990-1991) dans les canaux de la Corse et des îles Baléares, PRIMO-1 (1998-1999) dans le canal de Tunisie et de Sardaigne, les expériences THETIS-MAST-2, ALGIERS et ELISA-MAST-3 et les séries historiques ont permis de donner une tendance constante du mouvement. Depuis les années 2000, le développement de modèles et leur validation ont clarifié les mécanismes de circulation générale. Ils ont été développés en particulier dans le bassin sud et restent valables dans le schéma général (Millot, 1999).

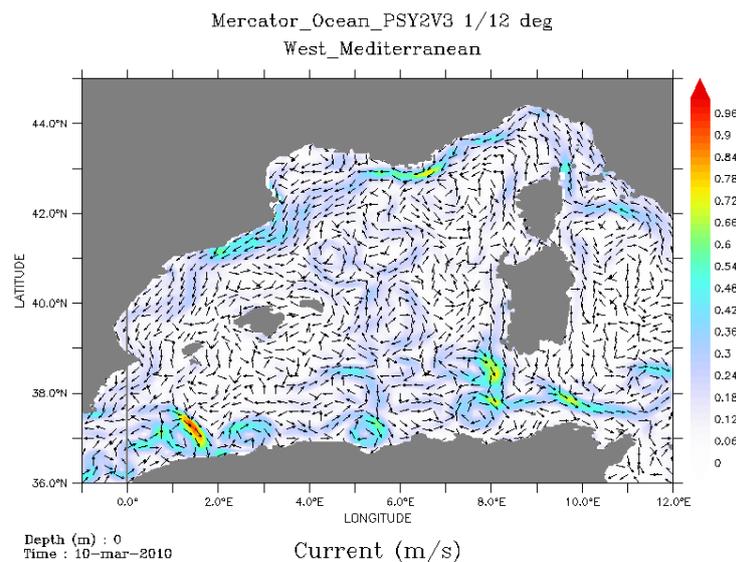


Figure 3.4 : Circulation générale à grande échelle dans le bassin méditerranéen occidental le 10 mars (Mercator, <http://www.mercator-ocean.fr/>) et le 21 mars (<http://www.cnr.it/sitocnr/home.html>)

219. Une grande cellule thermohaline englobe toute la Méditerranée et est principalement entraînée par le déficit en eau et par les flux de chaleur, compensés par les échanges via le détroit de Gibraltar. La formation et la propagation subséquente de l'eau intermédiaire, avec l'afflux de l'eau atlantique via le détroit de Gibraltar, contribuent à cette circulation thermohaline. Tout en progressant vers l'est, l'eau atlantique devient progressivement plus dense avant d'être transformée en eau dense le long des côtes nord africaines (Bethoux *et al.* ; 2002, Gasparini *et al.*, 2005). La contribution de l'eau formée dans le bassin oriental (eau levantine intermédiaire) est également essentielle à la formation des eaux profondes dans le bassin occidental via le canal sicilo-tunisien. Les circulations profondes dans les deux principaux sous-bassins, séparés par le détroit de Sicile, sont découplées et composées de deux cellules thermohalines mineures forcées par des événements de formation d'eau dense qui ont lieu dans le golfe du Lion pour la Méditerranée occidentale.

220. La principale caractéristique océanographique de cette sous-région est le courant fort (le courant liguro-provençal) qui quitte la côte italienne et se déplace vers le sud-ouest le long des rives continentales et un front intense qui s'étend des îles Baléares vers la Sardaigne. Les conditions hydrographiques favorables provoquent une formation d'eau de fond et intermédiaire qui apparaît en Méditerranée où des vents forts et des structures cycloniques sont couramment observés.

221. L'eau levantine intermédiaire en Méditerranée orientale est caractérisée par une salinité et une température maximales et représente l'acteur le plus important de la circulation thermohaline méditerranéenne et est en fait le principal composant des eaux méditerranéennes orientales qui se déplacent dans le bassin occidental via le canal de Sicile. En outre, elle représente le principal composant de l'écoulement méditerranéen à Gibraltar qui est essentiellement entraîné par la différence de densité entre les deux côtés du détroit. Les vents du nord et la circulation permanente forcent la formation des eaux profondes qui a lieu dans le golfe du Lion en hiver. Les caractéristiques (densité, température et salinité) des eaux profondes sont déterminées par l'accumulation dans le temps des eaux denses formées lors d'hivers successifs jusqu'à un niveau supérieur aux seuils. À la sortie du détroit de Gibraltar, l'écoulement d'eau méditerranéenne (plus salée) plonge le long de la pente dans l'océan atlantique avec un débit 10 à 20 fois plus grand que les apports méditerranéens et affecte la couche profonde et la circulation thermohaline dans l'océan atlantique. Les volumes d'eau échangés à Gibraltar sont principalement déterminés par les conditions locales à proximité du détroit.

222. Outre la circulation thermohaline, plusieurs caractéristiques locales caractérisent la circulation méditerranéenne comme les tourbillons et les fronts. L'eau atlantique est présente presque partout dans le bassin. Elle forme deux tourbillons anticycloniques dans la mer d'Alboran, contrainte par la bathymétrie et puis bifurque autour de la Sardaigne dans deux branches différentes, l'une allant dans la mer Tyrrhénienne comme source de la circulation cyclonique à grande échelle en Méditerranée nord-occidentale ; l'autre traversant le canal de Sicile et pénétrant dans la mer Ionienne. L'eau de la mer Tyrrhénienne produit une grande circulation cyclonique en Méditerranée occidentale avec le tourbillon central entre les îles Baléares et la Sardaigne, la région de convection des eaux profondes. La principale caractéristique est le courant fort (le courant liguro-provençal) qui quitte la côte italienne et se déplace vers le sud-ouest le long des rives continentales et un front intense qui s'étend des îles Baléares vers la Sardaigne.

223. L'afflux d'eau atlantique dans la mer d'Alboran, ou le courant nord dans la mer Ligure, présente des mouvements verticaux qui induisent des échanges importants de propriétés entre la couche de surface et les couches plus profondes. Ces mouvements verticaux jouent un rôle important sur les apports nutritifs hétérogènes dans la couche mélangée et affectent la répartition des agrégats marins.

224. Dans la partie sud, les courants algériens sont instables et génèrent (50-100 km) des jets avec des extensions verticales au fond à environ 3 000 m et avec des durées de l'ordre de mois-année. Les jets se propagent généralement vers l'est le long de la pente continentale de quelques km/jour. Ils peuvent se détacher et dériver dans le bassin ouvert. Cette activité à échelle intermédiaire est responsable de la répartition des masses d'eau à la surface et aux niveaux intermédiaires et profonds. Dans les parties nord, le courant à échelle intermédiaire a un signal saisonnier clair et est associé à la formation des eaux profondes. En hiver, le courant est plus fort et plus rapide. Les jets génèrent une remontée et une subduction significatives. Le long de la pente continentale, les courants suivent les canyons sous-marins qui produisent des remontées et des descentes contrôlées topographiquement qui affectent les transferts inter-pentes des particules et des matières biogéniques. Ce processus peut être renforcé par des tempêtes concomitantes qui chassent l'eau du plateau ou empêche le déversement intense d'eau douce (Ulses *et al.*, 2008). Les régions de plateau sont touchées par la dynamique des panaches fluviaux, la circulation à échelle intermédiaire dirigée par le vent et le transport des eaux denses qui contrôle les échanges d'eau et les éléments biogéochimiques des zones côtières enrichies à l'intérieur du bassin. Les déversements d'eau douce provenant des grands fleuves (le Rhône, le Pô) produisent des flux gravitaires très stratifiés parfois au-delà du plateau. Enfin, des mesures altimétriques ont montré que la hauteur de la surface de la mer avait changé au cours de la dernière décennie dans le bassin méditerranéen. L'amélioration des capteurs qui surveillent la région méditerranéenne à une résolution temporelle supérieure a permis l'observation de ces changements, qui pourraient être liés aux changements climatiques.

225. Les interactions entre les différentes contraintes qui affectent le courant comme les interactions océan-atmosphère (Korres *et al.*, 2000), la formation des eaux profondes, l'influence de la

topographie (Beranger *et al.*, 2005), impliquent des modèles de haute résolution. Ces dernières années, l'amélioration des méthodes a permis de caractériser des variations saisonnières (Bethoux *et al.*, 2002), ainsi que la formation et la variabilité des tourbillons (Testor *et al.*, 2005 ; Demirov et Pinardi, 2007 ; Hu *et al.*, 2009). Plus récemment, des modèles ont été mis à la disposition de la communauté scientifique. Des systèmes comme le MFS (Mediterranean Forecasting System) utilisant une résolution de 5 à 7 km ont prouvé être suffisamment précis pour étudier la variabilité des tourbillons à échelle intermédiaire. L'altimétrie a également démontré l'importance de ces forces variantes sur les courants. Malgré les propriétés du géoïde, qui doivent être prises en compte, cette approche est très utile pour définir la variabilité des tourbillons (Vigo *et al.*, 2005 ; Pascual *et al.*, 2007 ; Aldeanueva-Criado *et al.*, 2008). Une résolution élevée (3-4 km) et une comparaison avec des données altimétriques ont permis d'estimer les courants moyens sur une période de 12 mois avec une force atmosphérique permanente (Jordi et Wang, 2009). Ce modèle reproduit la plupart des courants et jets majeurs et confirme l'importance de l'échelle intermédiaire. Le système de prévisions océanique méditerranéen (MFS) a démarré ses activités opérationnelles en janvier 2000. Actuellement, il produit des analyses quotidiennes et des prévisions à 10 jours sur les courants et les champs de température et de salinité pour l'ensemble de la Méditerranée à une résolution d'environ 10 km. À l'INGV, les bulletins de prévisions hebdomadaires sont diffusés par le MFS (<http://www.bo.ingv.it>). Le schéma général de la circulation a été confirmé grâce à des observations, en particulier depuis le développement des images radar VHF, des bouées dérivantes suivies plus récemment par des planeurs (Molcar *et al.*, 2009 ; Rubio *et al.*, 2009 ; Ruiz *et al.*, 2009) et largement modélisées avec une résolution améliorée.

226. Les vents nord-ouest (mistral, tramontane) donnant sur la rive nord du bassin occidental de la Méditerranée influencent les courants générés dans le bassin nord. Malgré l'influence secondaire pour l'ensemble du bassin, la remontée générée par ces vents nord-ouest et ces courants provoquent des phénomènes physiques complexes qui favorisent la redistribution des éléments dissous, particules et néphéloïdes et la remontée des nutriments à la surface de l'eau. Ce mélange provoque l'homogénéisation de l'eau, y compris le mélange avec les eaux de grands fleuves comme dans le delta du Rhône et l'estuaire de l'Èbre. La période aride de 1990 à 2000, l'importante diminution des arrivées d'eau, le piégeage des sédiments dans les barrages sont les principales raisons de la diminution du flux de matières provenant des cours d'eau. Les études de l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) d'Algérie ont clairement mis en évidence le lien entre la production de sédiments et les taux de déversement. Des volumes de sédiments piégés dans les barrages situés dans les zones côtières privent les plages d'apports de particules solides. Le cas des oueds représentatifs de la côte nord africaine en est une bonne illustration.

#### *Transport de sédiments et flux*

227. La remise en suspension naturelle des sédiments est dominée par des vagues de courte durée descendant jusqu'à 40 m de profondeur. Les vents côtiers (mistral, tramontane sur la rive nord et sirocco dans le sud) n'ont aucun effet sur la remise en suspension, mais ils contrôlent la dispersion des eaux turbides vers le large. Ce phénomène naturel permet une libération de nutriments piégés dans les eaux pauvres en sédiments. Les effets du chalutage de fond sont tout à fait comparables à de fortes tempêtes localisées et affectent la remise en suspension des *sédiments* fins provenant des plateaux continentaux (50 à 200 m de profondeur) où les effets des vagues et des courants sont négligeables. À l'échelle de la flotte de pêche du golfe du Lion, le volume de sédiments remis en suspension (5 millions de tonnes, environ 3 % des apports des tempêtes) est équivalent aux apports de particules provenant du Rhône (Ferre *et al.*, 2008). Ensuite, les nutriments remis en suspension sont dans des quantités d'ordre de grandeur plusieurs fois supérieurs à ceux provenant des flux naturels et de la bioturbation. Ils doivent donc être pris en compte pour l'évaluation des cycles biogéochimiques.

228. Sur les rives sud, les particules atmosphériques du couloir sahélo-saharien (ouest du Sahara, Algérie, Tchad et Niger) sont des sources naturelles d'aluminium et de fer et de la plupart des métaux en traces et elles contiennent des niveaux élevés de molécules anthropogéniques (Zn, Pb, Cd) ou de produits chimiques infiltrés après abrasion des roches naturelles (chrome, nickel). Toutes les côtes du bassin sud sont concernées (Castillo *et al.*, 2007). Dans certaines régions comme Annaba (Algérie), le flux de particules et les vents atmosphériques sont responsables d'entrées d'air de plomb, de chrome, manganèse, nickel, cadmium et cobalt associés à la présence d'activités industrielles (Khoja ali *et al.*, 2008).

229. Le comportement des particules en mer est devenu un processus important pour l'évaluation du solde sédimentaire. Bien que ce processus ne soit pas suffisant pour expliquer entièrement les variations spatiales et temporelles des flux de particules observés, en particulier en profondeur, les échanges de particules à travers les rives et les flux, qui varient de façon annuelle, dans les canyons résultent en grande partie de l'effet du courant général et de la formation d'eau dense en hiver plutôt que de variations dans les sources de matières (Guarracino *et al.*, 2006). Des agrégats plus petits sont plus abondants dans les eaux côtières, du fait de l'entrée continentale, de l'export à travers la pente et de la remise en suspension le long de la pente. Avec une proportion relative de grandes cellules qui a augmenté avec la magnitude de la vitesse ascensionnelle, le mouvement vertical à l'échelle intermédiaire contrôle directement la structure de la taille du phytoplancton dans l'océan. Les expériences vidéo CTD ont démontré que la grande hétérogénéité spatiale des particules générées par l'hydrodynamique à l'échelle intermédiaire de la couche supérieure s'étendait dans les couches plus profondes et pouvaient contribuer de façon significative aux cycles biogéochimiques entre les couches supérieures et méso-pélagiques (Gorsky *et al.*, 2002). Les couches qui contiennent des concentrations très élevées de petits agrégats sont observées de la surface jusqu'à 1 000 m et s'étendent de la pente continentale aux fronts (Stemann *et al.*, 2008). Même si les particules sont dérivées de l'atmosphère ou produites en interne par des processus biologiques, leur transfert de la partie supérieure à l'océan plus profond est contrôlé par la stabilisation de la colonne d'eau et la répartition des masses d'eau. Les concentrations de sédiments et de grands agrégats sont plus élevées dans et sous les zones frontales probablement en raison de la coagulation physiques et/ou de transformations biologiques avec un transport limité à travers la pente. Ces processus, qui ont lieu dans les zones sous-mésoéchelles (5 à 10 km de large), sont largement répartis dans le bassin occidental et ont des conséquences sur le transport des particules continentales vers l'intérieur de l'océan.

230. Une évaluation des flux de carbone organique particulaire (COP) réalisée dans la partie profonde du bassin nord-ouest (Ziga *et al.* 2008) a démontré l'apport de carbone organique particulaire dans les eaux profondes tyrrhéniennes et le bassin algéro-baléarique lié à la propagation d'eau froide dense le long de l'ensemble des bassins qui fournissent les particules à des profondeurs supérieures à 2 000 m. La structure dimensionnelle du phytoplancton peut également dépendre plus directement des forces hydrodynamiques que des sources d'azote disponibles (Rodriguez *et al.*, 2001) et les mesures des sédiments piégés dérivants ont démontré des flux très variables de lipides planctoniques et terrigènes à 200 m en Méditerranée nord-occidentale et des impulsions dépendant de l'intensité du poids sec des particules, du plancton et des processus d'agrégation (Mejanelle et Dachs, 2009).

231. De forts gradients de nombreux paramètres physiques et chimiques apparaissent dans les estuaires (Chapman et Wang, 2001) et affectent la quantité et la composition des matières organiques dissoutes et des particules colloïdales, qui jouent un rôle important dans le transfert des contaminants et leur transformation en force ionique et les phénomènes de précipitations affectent la biodisponibilité des contaminants. En raison de gradients de salinité, la stratification des eaux est fréquente, provoquant des courants de densité qui dépendent de la topologie dans le cas du Rhône et de l'Èbre. L'analyse de série chronologique du climat, des courants et des flux de particules (Durrieu de Maderon *et al.*, 1999) a démontré que les particules transportées vers le fond pourraient être liées aux échanges de sédiments entre la rive continentale et les plus grandes profondeurs plutôt qu'uniquement aux apports atmosphériques ou au transport depuis les principaux fleuves. Dans ce cas, les oscillations verticales de flux sur la pente continentale régissent une grande partie des contributions au fond et subissent d'importantes variations saisonnières en raison des fluctuations de températures verticales.

232. Les courants isopicaux sont susceptibles d'appuyer une très importante contribution du transport dans le canyon adjacent profond jusqu'à des distances pouvant atteindre plus de 100 km pour atteindre les lobes distaux. Dans ces conditions, le transport des contaminants associé aux particules sédimentaires dans les plaines abyssales peut être pris en compte. Enfin, les contributions dues aux inondations accidentelles ou aux tempêtes sont liées à des événements climatiques exceptionnels. Elles affectent le transport des sédiments dans les cours d'eau, y compris les petits (Gremare *et al.*, 2003). Dans ce cas, une contribution significative de sédiments, mais également de substances dissoutes ou de contaminants, est reprise par l'hydrodynamique locale et contribue à l'enrichissement des côtes et canyons. Le rôle des vagues et des courants entraînés par les régimes de vent sur terre et en mer a été déterminé comme étant des mécanismes dominants pour la

dispersion des panaches de cours d'eau, la remise en suspension des sédiments de plateau et l'export des sédiments hors plateau (Canals *et al.* ; Palanques *et al.*, 2008).

233. Des observations *in situ* associées à de la modélisation en 3D pour quantifier le transport des sédiments remis en suspension dans le golfe du Lion ont révélé (Ulses *et al.*, 2008) que la plupart des particules fournies par le Rhône étaient piégées sur le pro-delta et que les tempêtes marines jouaient un rôle crucial dans la dispersion des sédiments sur le plateau et dans l'export hors plateau. L'érosion est contrôlée par les vagues sur le plateau interne et par les courants énergiques sur le plateau externe. Le dépôt des sédiments a lieu dans la partie centrale du plateau, à une profondeur située entre 50 et 100 m. Les sédiments remis en suspension et les particules fluviales sont transportés vers l'extrémité sud-ouest du plateau par une circulation cyclonique induite par ces vents de mer et exportée vers le plateau catalan et dans le canyon du Cap de Creus qui incise la pente près du rivage.

234. Des observations depuis un canyon sous-marin sur la rive du golfe du Lion ont démontré que ces flux pouvaient également être déclenchés par l'eau dense du plateau en cascade, un type de courant qui est entraîné de façon unique et saisonnière par le contraste de densité de l'eau de mer. Il ne transporte pas seulement de grandes quantités d'eau et de sédiments, mais il reforme également les fonds des canyons sous-marins et affecte rapidement le milieu des eaux profondes. Une étude a mesuré la remise en suspension des particules dans ces zones. À partir de l'évaluation du flux particulaire, des taux de sédimentation et des différents types d'apports (cours d'eau, atmosphère, production primaire) et de sorties (dégradation dans la colonne d'eau et à l'interface de l'eau et des sédiments), une première évaluation du carbone organique particulaire a été établie. Celle-ci indique que moins de 10 % des particules apportées au golfe du Lion sont exportées vers le bassin nord méditerranéen.

### 3.2.3 Répartition spatiale et temporelle des nutriments, de l'oxygène dissous et du pH

235. Le bassin méditerranéen est caractérisé par des quantités de nutriments faibles et une biomasse de phytoplancton réduite. Cela est dû en grande partie aux apports fluviaux qui sont relativement faibles ; à quelques exceptions près, l'ensemble des systèmes fluviaux se déversant dans la Méditerranée sont petits. Les eaux les plus eutrophes du bassin occidental se trouvent sur la rive nord, à l'embouchure des grands fleuves du Rhône et de l'Èbre (avec des bassins-versants de 96 000 et 84 000 km<sup>2</sup>, respectivement). Cependant, il est à noter que, outre les apports fluviaux, la productivité primaire à l'échelle locale est également contrôlée par des facteurs supplémentaires comme la stratification de la colonne d'eau, la transparence et les courants de surface locaux.

236. Les charges totales estimées sont d'environ 304 000 tonnes/an de N et 22 000 tonnes/an de P. L'azote et le phosphore se déposent dans l'eau et le sol sous différentes formes : l'azote ammoniacal qui s'est évaporé des déjections animales et les oxydes d'azote provenant de la combustion de combustibles fossiles, à savoir les centrales et le transport ; le phosphore sous forme de poussière, les feuilles qui tombent et les faciès d'oiseaux. Les zones très productives se trouvent près des deltas fluviaux ou des grandes agglomérations urbaines tandis que les eaux au large sont généralement oligotrophes.

237. D'après le PNUE (AEE, 1999), il existe de nombreux facteurs régissant le transfert des nutriments. L'azote total (N) est en grande partie rejeté par le traitement des eaux usées urbaines (31 %), le bétail (19 %) et l'industrie des métaux (11 %), tandis que la production d'engrais représente la majorité des émissions du phosphore total (P) (63 %), suivie du bétail (20 %) et du traitement des eaux usées urbaines (8 %). Ces facteurs illustrent la façon dont un petit groupe d'industries est responsable des principales émissions/des principaux rejets de nutriments et de leur transport vers la mer dans la région méditerranéenne. Il apparaît que les grandes villes jouent également un rôle important dans les contributions aux apports en matières organiques et nutriments.

238. Même si d'autres sources doivent être prises en compte (apports atmosphériques, fixation biologique d'azote, apports atlantiques), les cours d'eau sont largement à l'origine des nutriments. En Méditerranée occidentale, tous les systèmes d'eau sont petits, sauf pour les fleuves du Rhône et de l'Èbre. Ils sont importants pour la compréhension des soldes géochimiques à plus grandes échelles, rendue possible par des reconstructions plus ou moins complètes de leurs flux de nitrate et de phosphate au cours des 40 dernières années. Les flux de nitrate dans le Rhône et l'Èbre ont augmenté rapidement du début des années 1970 aux années 1990. Auparavant, ils restaient à peu près constants ou ont même diminué ces dernières années (Ludwig *et al.*, 2009) probablement en

raison de l'amélioration des méthodes d'application des engrais. Ces grands fleuves ont participé à des activités humaines très diverses à des échelles régionales, les rendant plus pertinents pour intégrer la gestion écosystémique que les bassins de cours d'eau plus petits.

239. Cependant, les apports en nutriments sont également importants dans les petites rivières collectant des effluents riches en grandes quantités. C'est le cas dans la plupart des oueds nord africains (Djemai et Mesbah, 2008), mais aussi dans les cours d'eau des rives nord où, après de fortes pluies suivant des périodes sèches, les métaux, les nitrates et le carbone organique atteignent des concentrations qui pourraient affecter les populations biologiques (Nicolau *et al.*, 2006). Les flux d'azote (N) ont été fortement renforcés par des sources anthropogéniques au cours des dernières décennies, alors que le phosphore a augmenté uniquement jusque dans les années 1980-1990 et a ensuite rapidement diminué jusqu'à des valeurs quasiment similaires aux valeurs initiales des années 1960, limitant alors la production primaire (Ludwig *et al.*, 2009). La silice (Si), fortement contrôlée par le déversement d'eau, a diminué au cours de la même période et est devenue un élément limitant pour les producteurs primaires siliceux comme les diatomées, depuis le début des années 1980. Cependant, la production primaire brute soutenue par les cours d'eau représente seulement moins de 2 % de la production brute en Méditerranée. Les possibles impacts écologiques des apports fluviaux changeants devraient donc être visibles uniquement dans les zones côtières productives, comme le golfe du Lion, où la production primaire peut atteindre plus des deux tiers de la production primaire totale.

240. L'azote, le phosphore et la silice existent dans les cours d'eau sous diverses formes dissoutes, particulaires, organiques et inorganiques. Lorsque l'on considère les proportions des formes nutritives spécifiques dans les régions plus densément peuplées, comme la Méditerranée, les formes dissoutes, et en particulier les nitrates, sont les formes dominantes dans les flux d'azote total (TN), tandis que d'autres espèces DIN (NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) sont abondantes uniquement lorsque les cours d'eau souffrent de pollution organique réduisant les niveaux d'oxygène. Cependant, pour le phosphore, les particules ne peuvent pas être négligées et, souvent, des programmes de surveillance déterminent également le phosphore total (espèces dissoutes et particules P) dans les cours d'eau qui dépend également des solides en suspension. Ensuite, bien que le phosphate ne soit pas nécessairement la forme P dominante, les valeurs moyennes peuvent être plus appropriées pour une évaluation de l'enrichissement en phosphore des cours d'eau.

Tableau 3.1 : Niveaux d'azote et de phosphore moyens dans les cours d'eau méditerranéens

Cours d'eau	Pays	moy. N-NO <sub>3</sub> (période) (mg/l)	moy. P-PO <sub>4</sub> (période) (mg/l)	Q	Flux-NO <sub>3</sub> (kg N km <sup>2</sup> /an)	Flux-PO <sub>4</sub> (kg P km <sup>2</sup> /an)
Arno	Italie	2,39 (01-05)	0,149 (01-05)		255	609,38
Aude	France	1,51 (00-05)	0,107 (00-05)		290	437,31
Èbre	Espagne	2,39 (00-05)	0,065 (00-03)		110	263,7
Hérault	France	0,58 (00-06)	0,023 (00-06)		590	340,13
Jucar	Espagne	4,01 (00-05)	0,080 (05)		58	233,5
Llogrebat	Espagne	2,19 (01-04)			95	208
Rhône	France	1,44 (00-05)	0,050 (00-05)		564	812,28
Tibre	Italie	2,10 (03-04)			446	937
Turia	Espagne	3,22 (00-05)	0,235 (05)		42	135,10

Les concentrations moyennes proviennent de l'AEE (2007) et Ludwig *et al.* (2009).

241. La surveillance des paramètres de qualité de l'eau dans les cours d'eau a été développée à des niveaux nationaux, mais ces éléments ont été mis à disposition de façon répandue uniquement pour ces dernières années. Les données concernant plusieurs grands fleuves européens sont désormais centralisées dans la base de données Waterbase de l'agence environnementale européenne (AEE, 2007), permettant de quantifier les niveaux de nitrate et de phosphate dans les pays de l'ouest de l'Europe. Les pays africains ne sont pas pris en compte dans cette base de données, ce qui peut fausser le tableau général.

242. Pour le nitrate, les données (Tableau 3.1) ont démontré des flux spécifiques relativement modérés dans les bassins fluviaux, indiquant que la pollution de l'azote était toujours faible comparée à ce qui est communément signalé pour les grands fleuves européens plus au nord, comme la Seine et le Rhône. La pollution au phosphore provient souvent de sources ponctuelles, comme les eaux usées urbaines. La tendance décroissante du nord au sud qui est typique pour le nitrate en Europe est combinée, pour le phosphate, à une augmentation d'amont en aval, selon la répartition des densités de population. Les niveaux de phosphate indiqués dans les études scientifiques sont souvent bien inférieurs, mais la plupart des observations font référence à des études scientifiques qui étaient limitées dans le temps (Ludwig *et al.*, 2003), rendant difficile de discerner des évolutions à long terme.

243. L'eutrophisation est abordée dans la section sur les pressions, cependant les niveaux nutritifs naturels et leur relation à l'eutrophisation méritent également qu'on y porte attention. Le phénomène de l'eutrophisation dans les eaux douces et les eaux côtières ne dépendent pas seulement du degré de l'enrichissement nutritif anthropogénique, mais également de la composition nutritive. En particulier, le déséquilibre de l'azote et du phosphore par rapport à la silice semble jouer un rôle essentiel, car il peut provoquer un déplacement de la production primaire des diatomées aux algues non-siliceuses, souvent nuisibles pour l'équilibre écologique.

244. La Méditerranée se trouve entre des climats tempéré et subtropical et les températures sont généralement supérieures au climat tempéré pur, plus au nord. Par conséquent, Billen et Garnier (2007) ont trouvé des valeurs de Si supérieures dans les cours d'eau méditerranéens par rapport au climat tempéré en utilisant cependant une approche générale qui ne peut pas prendre en compte l'influence d'autres facteurs déterminants, comme la nature des types de roches altérées dans les bassins de drainage et les facteurs anthropogéniques qui peuvent modifier les charges naturelles riveraines de silice. Lorsque les conditions d'eutrophisation sont favorables à la croissance de diatomées, la rétention de silice peut également se faire dans les grands fleuves (Sferratore *et al.*, 2006). Plusieurs approches de modélisation ont été publiées afin de prédire la variabilité spatiale des flux DIN sur la base des données d'entrée économiques et démographiques (par exemple, la propagation d'engrais). Le modèle NEWS-DIN de Dumont *et al.* (2005) (après ajustement et recalibrage pour les fleuves) montre que les charges fluviales de particules sont spatialement plus variables que les charges dissoutes.

245. Les soldes dépendent fortement des estimations des niveaux de nutriments dans les eaux atlantiques entrantes. Ces soldes doivent également inclure les apports nutritifs d'autres sources comme les eaux usées des villes côtières qui sont directement déversées dans la mer (PNUE/OMS, 1999) et les données récentes sur les cours d'eau européens, indiquant que la forte réduction du P anthropogénique continuait et continuera probablement dans un avenir proche. Un scénario prospectif correspondant à l'application de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE, 2000) peut impliquer une réduction de 90 % du phosphore provenant de l'ensemble des apports d'eaux usées urbaines d'ici 2015. Cela signifie que les niveaux de phosphore en Méditerranée pourraient descendre sous les niveaux de 1960. Cependant, la modélisation statistique appliquée à un grand nombre de données nutritives historiques pour évaluer l'importance des perturbations humaines en Méditerranée (Karafistan *et al.*, 2002) n'indique pas de tendance particulière dans le temps pour les 30 dernières années. Les répartitions spatiales horizontales moyennes des données du phosphate sur l'ensemble de la Méditerranée ont clairement démontré que l'oligotrophie touchait principalement le bassin levantin. Outre les cours d'eau, les principales sources de nutriments sont l'érosion des sols et l'excès de nutriments provenant de la surfertilisation et du bétail. Parmi les premières zones de drainage, d'érosion des sols et de perte de nutriments en Méditerranée, trois se trouvent dans le bassin occidental (Sicile, Sardaigne, Espagne ; AEE/PNUE 1999). Plus localement, l'aquaculture marine intensive, bien que peu développée dans les mers ouvertes et située principalement dans le nord, participe en grande partie aux entrées de matières organiques et de nutriments (Doglioli *et al.*, 2004). Dans la région influencée par le panache du Rhône, l'enrichissement organique et les quantités de phaeopigments suggèrent des matières organiques d'origine détritique et terrestre (Alliot *et al.*, 2003). Cependant, l'origine marine des nutriments et matières organiques est également importante (Di Leonardi *et al.*, 2009).

246. En 25 ans, les concentrations de nitrate dans les eaux de l'Èbre (Espagne), qui a un bassin de 85 566 km<sup>2</sup>, ont augmenté dans 46 % des 65 sites échantillonnés parallèlement à une augmentation des activités agricoles (R2 = 82, Lassaletta *et al.*, 2009). Dans l'estuaire, l'Èbre est très stratifié et montre un solde positif des apports d'azote et de phosphore en raison de sa couche superficielle d'eau douce, la présence de composés dissous et particulaires, la réduction de

l'absorption par le phytoplancton (comme démontré par une diminution de la chlorophylle dans l'estuaire), la turbidité élevée et, dans une moindre mesure, les effets des eaux usées. Le fardeau annuel est parmi les plus élevés en Méditerranée pour les nitrates et les silicates (env. 10 000 tonnes), tandis que le phosphore est libéré à des concentrations relativement faibles (env. 200 t/an) même au-dessus des besoins (Falco *et al.*, 2010). En comparaison, le Rhône avec son flux supérieur produit une charge totale annuelle de 77 500 tonnes d'azote inorganique et 2 500 tonnes de phosphore.

247. Dans les sédiments à l'embouchure des cours d'eau, les niveaux de nutriments semblent diminuer (Denis et Grenz, 2003). Dans ces conditions, les sédiments agissent comme un réservoir qui joue un rôle important dans les cycles biogéochimiques du golfe de Lion, principalement pour le phosphore inorganique.

Tableau 3.2 : Comparaison des apports nutritifs dans le golfe du Lion (DIN, DIP et DSi : azote total, phosphore et silicates dissous) (selon Denis et Grenz, 2010)

	RHÔNE (Kt/an)	COURANT NO	SÉDIMENTS PLATEAU	DE CONSOMMATION (kt/an)
DIN	99,9 -104,3	75 (nitrates)	14,1	299
DIP	2,7-3	6	2,9	41
Dsi	135-139	nd	165	600

248. Outre les apports nutritifs, la production primaire à l'échelle locale est également contrôlée par les niveaux d'oxygène dissous, le pH et d'autres facteurs comme la stratification de la colonne d'eau, la transparence et les courants de surface locaux. Les données sur l'oxygène dissous et le pH sont recueillies sur des sites localisés, mais ces informations ne peuvent pas être généralisées pour l'ensemble de la région.

249. D'après les évaluations nationales mesurant les apports nutritifs sur la côte algérienne, le transfert de nutriments depuis le réseau terrestre vers le réseau marin se fait dans les zones agricoles, englobant les plaines côtières cultivées de façon intensive (Annaba, Mitidja Sahel algérien, région de Mostaganem) où l'utilisation des engrais à base d'azote et de phosphate a multiplié les apports sur la côte (PNUE/PAM, 2003). Les niveaux de nutriments à Mitidja indiquent des pics de 200 mg/l de nitrate (standard = 50 mg/l). Sur les collines du Sahel et d'autres régions côtières (Skikda, la plaine, Saf Saf Mostaganem), le nitrate est apporté par le ruissellement et transféré directement vers la mer. Dans les golfes d'Arzew et d'Alger, le schéma de répartition du carbone organique indique la sédimentation au milieu des baies et des ports à proximité. Ces maxima sont liés à la croissance de la population et des activités industrielles (Buscail *et al.*, 1998) et Jijell, Alger et Annaba sont les sites les plus touchés. Dans certaines régions ayant une influence continentale, des niveaux élevés de nutriments peuvent être observés (Freha *et al.*, 2007). Dans le bassin de l'Oued Aissi, situé au sud-est de Tizi-Ouzou, des ressources d'eau de surface et souterraines significatives sont générées par des précipitations irrégulières (pluviométrie moyenne annuelle de 910 mm). Suite à l'augmentation de la population, le développement industriel et l'utilisation accrue d'engrais, les concentrations de paramètres de pollution comme l'ammonium (0,8 mg/l), les nitrites (0,095 mg/l), le phosphore (0,408 mg/l) et le fer ferreux (0,326 mg/l) sont passées à des niveaux supérieurs aux normes de qualité des eaux de surface (Mohammed et Mohamed, 2008).

250. Au Maroc, l'estuaire de l'Oued Martil, où sont rejetés des déchets urbains et industriels, présente des niveaux excessifs de nutriments avec des concentrations de nitrate maximales allant de 400 à 500 µg/l.

251. La côte espagnole est caractérisée par un enrichissement naturel dû à la remontée et une eutrophisation induite provoquée par les rejets humains. La productivité élevée de la mer d'Alboran semble être liée à la remontée créée par la circulation anticyclonique générée par le flux des eaux atlantiques entrant en Méditerranée via le détroit de Gibraltar. Les zones côtières près de Valence et du delta de l'Èbre s'avèrent être d'autres régions affectées par les nutriments. En surveillant les concentrations de nutriments, on a constaté des événements localisés d'eutrophisation sur les côtes méditerranéennes espagnoles (PNUE/PAM, 2008). Enfin, la baie de Tunis est un golfe fermé où les zones urbaines autour du lac de Tunis ont provoqué d'importants apports nutritifs.

252. En Italie, les nutriments sont principalement liés aux rejets d'effluents dans les agglomérations sur ou près de la côte (Foce Torrente Lerone, Marinella — Foce Magra, Napoli) et seulement dans quelques cas des apports des principaux cours d'eau (Sarno, Arno, Tibre).

253. La reminéralisation des matières organiques, mesurée par la cinétique du carbone organique total ou dissous, est reconnue comme une source importante de nutriments inorganiques dans les réseaux côtiers. Elle augmente la production de nutriments endogènes. Que ce soit dans les eaux du large ou dans les zones côtières en hiver, les niveaux de certains nutriments, dont les phosphates, peuvent limiter la production primaire. Une étude expérimentale et numérique de la répartition spatiale des aérosols sur le bassin méditerranéen occidental (Salameh *et al.*, 2007) a démontré l'influence des vents du nord (mistral et tramontane) dans la vallée du Rhône et le golfe du Lion. Le transport des aérosols naturels et anthropogéniques vers la mer peut affecter l'ensemble du bassin nord-occidental. Ces vents sont responsables du transport des particules contenant des nitrates d'ammonium et du sulfate dans un schéma advectif de la région nord de Fos/Berre/Marseille au nord de l'Afrique et l'Italie. En outre, ils influencent et génèrent des courants dans le bassin nord. Malgré l'influence secondaire en Méditerranée, les remontées générées par ces vents nord-ouest persistants et ces courants provoquent des phénomènes physiques complexes qui favorisent la redistribution d'éléments dissous et de particules et la remontée des nutriments dans les eaux de surface. Ce mélange est à l'origine de l'homogénéisation de l'eau, se mêlant aux eaux provenant des grands fleuves dans le delta du Rhône et près de l'estuaire de l'Èbre et de modifications des concentrations de chlorophylle dans la surface de l'eau comme décrit pendant de nombreuses années (El Sayed *et al.*, 1994).

### 3.2.4 Relation entre le bassin-versant et la sous-région

254. Les vastes bassins-versants influencent cette sous-région, en particulier dans sa partie nord. Les importantes régions terrestres des bassins-versants, qui se déversent dans la Méditerranée occidentale, englobent l'essentiel de l'est de l'Espagne, le sud-est de la France, tout Monaco, la plupart de l'ouest et une grande partie du nord de l'Italie et de grandes portions du nord du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie (Figure 3.5).



Figure 3.5 : Bassins-versants (indiqués par des lignes pointillées bleues) dans les pays bordant la sous-région méditerranéenne occidentale (source : Blue Plan).

## 3.3 Caractéristiques biologiques

### 3.3.1 Description des communautés biologiques de la colonne d'eau avec les espèces et la variabilité saisonnière et géographique

255. Comme c'est le cas pour l'ensemble du bassin méditerranéen, la sous-région occidentale est caractérisée par une biomasse de phytoplancton réduite, qui engendre une grande clarté de l'eau et une pénétration profonde de la lumière dans la colonne d'eau. Les eaux les plus riches du bassin occidental se trouvent sur la rive nord. Inversement, les eaux au large sont généralement oligotrophes, sauf dans le cas de remontée profonde riche en nutriments.

256. Du fait de l'oligotrophie, la biomasse du phytoplancton comme Chl-a affiche généralement des valeurs faibles (moins de 0,2 µg chl-a/l) sur de grandes zones avec une augmentation modeste à la fin de l'hiver. Une grande efflorescence (jusqu'à 3 µg chl-a/l) à la fin de l'hiver et au début du printemps

est observée uniquement dans la région nord-ouest (Siokou-Frangou *et al.*, 2009). Des pics de biomasse relativement élevés sont également enregistrés dans les fronts et les tourbillons cycloniques. L'ensemble du bassin est caractérisé de façon permanente par un maximum de chlorophylle en profondeur (sauf lors du brassage de la fin de l'hiver). Il s'approfondit progressivement depuis la mer d'Alboran (30 m) vers l'ouest. La production primaire révèle une tendance décroissante ouest-est similaire et des plages de 59 à 150 g C/m<sup>2</sup> (mesures in situ). Globalement, le bassin est largement dominé par des espèces copépodes, microhétéotrophes et autotrophes de petite taille. Le phytoplancton et les micro-organismes (autotrophes, hétéotrophes et probablement diazotrophes) révèlent une diversité et une variabilité considérable à des échelles spatiales et temporelles.

257. Dans la partie espagnole de la Méditerranée occidentale, les communautés de phytoplancton dans la zone côtière sont caractérisées par une efflorescence à la fin de l'hiver (février-mars) qui déclenche la reproduction de nombreuses espèces benthiques et une efflorescence à la fin de l'été ou au début de l'automne (Duarte 1996 ; Duarte *et al.*, 1999). Ces efflorescences sont respectivement dominées par des espèces de diatomées (*Skeletonema*, *Chaetoceros*, etc.) et des dinoflagellés. L'intervalle entre ces efflorescences se caractérise par une phase d'oligotrophie avec des concentrations faibles de chlorophylle et de nutriment et des communautés de phytoplancton dominées par du picoplancton, principalement l'espèce *Synechococcus*. Les concentrations de chlorophylle a atteignent des valeurs maximales de l'ordre de 2 à 4 µg/let les valeurs pendant la phase oligotrophe sont généralement < 0,5 µg/l (Duarte, 1996 ; Duarte *et al.*, 1999). Ces valeurs peuvent être dépassées dans les zones eutrophiées, comme les ports et les lagunes et baies côtières eutrophiées, avec des valeurs de chlorophylle a supérieures à 10 g/l, dans les régions les plus eutrophes. Des dinoflagellés toxiques, des genres *Alexandrium* et *Gymnodinium*, ont été signalés dans les eaux et lagunes côtières eutrophiées le long de la côte méditerranéenne espagnole.

258. Les données sur la production primaire pélagique en Méditerranée espagnole sont éparpillées avec des estimations dérivées d'une période de 7 ans dans la baie de Blanes (nord-est de l'Espagne) indiquant une production primaire brute moyenne de 2,56 µmol C/l/j (Duarte *et al.*, 2004). Et la production primaire brute annuelle dans la baie de Palma (Majorque, îles Baléares, Espagne) a été évaluée à 3,19 µmol C/l/j (Navarro *et al.*, 2004). La production primaire brute moyenne pour le bassin méditerranéen a été estimée à 4,5 µmol C/l/j (Regaudie de Gioux *et al.*, 2009).

259. Les communautés de zooplancton sont généralement dominées par les copépodes des genres *Acartia*, *Ohitona*, *Penilia* et *Paracalanus*, avec d'importantes contributions de doliodides, des organismes gélatineux, en été, car ces organismes sont capables de se nourrir sur les pico-organismes qui dominent en été. Ces organismes exercent une pression importante liée à leur alimentation sur le phytoplancton. Le microzooplancton, dominé par les ciliés des genres *Tontonia*, *Mesodinium*, *Halteria*, *Sorbidium* et *Strobilidium*, est également une composante importante de la biomasse du plancton et est responsable d'une part non négligeable des pertes de pico-plancton autotrophe et hétérotrophe. Le microzooplancton est, à son tour, une proie des copépodes (Malba et Duarte, 2010).

260. Le sanctuaire Pelagos pour la protection des mammifères marins méditerranéens, situé en mer Ligure, est une autre région bien étudiée au sein de cette sous-région. Par rapport au reste de la Méditerranée, cette zone marine est caractérisée par des niveaux très élevés de productivité primaire au large, provoquée par l'interaction de facteurs océanographiques, climatiques et physiographiques (Notarbartolo di Sciara *et al.*, 2007). Les niveaux élevés de production primaire, avec des concentrations de chlorophylle a dépassant 10 g/m<sup>3</sup> (Jacques, 1989), soutiennent une biomasse remarquable de faune de zooplancton très diversifiée, avec du macrozooplancton gélatineux et des crustacés euphasiacés *Meganyctiphanes norvegica* fourmillants (krill) (Sardou *et al.*, 1996). Les concentrations de zooplancton, à leur tour, attirent dans la zone divers prédateurs de niveau trophique supérieur, dont des cétacés mangeurs de krill, de poissons et d'encornet (Forcada *et al.*, 1995 ; 1996 ; Gordon *et al.*, 2000).

### 3.3.2 Informations sur la faune de fond invertébrée, les macroalgues et les angiospermes

#### Faune invertébrée

261. Les communautés benthiques sont productives et comptent diverses espèces dans la sous-région méditerranéenne occidentale. Les zones rocheuses intertidales et benthiques, les prairies de *Posidonia* et les habitats formés par les macroalgues, les communautés coralligènes et les fonds

meubles abritent tous une grande variété d'éponges, de coraux et d'anémones, de mollusques, de crustacés et d'échinodermes. Un grand nombre de ces espèces sont classées comme menacées ; pour les espèces d'invertébrés présentant un intérêt de conservation particulier, le Tableau 3.3 donne des informations sur leur présence dans la sous-région méditerranéenne occidentale.

Tableau 3.3 : Liste des espèces d'invertébrés présentant un intérêt de conservation et présents en Méditerranée occidentale

<b>Porifères</b>	<b>Annexe protocole ASP et biodiversité</b>
<i>Axinella polypoides</i> (Schmidt, 1862)	II
<i>Spongia lamella</i> (Schulze, 1879)	III
<i>Spongia officinalis officinalis</i> (Linné, 1759)	III
<i>Spongia zimocca</i> (Schmidt, 1862)	III
<b>Cnidaires</b>	
<i>Astroides calycularis</i> (Pallas, 1766)	II
<i>Savalia savaglia</i> (Nardo, 1844)	II
<i>Corallium rubrum</i> (Linné, 1758)	III
<b>Mollusques</b>	
<i>Charonia lampas lampas</i> (Linné, 1758)	II
<i>Dendropoma petræum</i> (Monterosato, 1884)	II
<i>Erosaria spurca</i> (Linné, 1758)	II
<i>Lithophaga lithophaga</i> (Linné, 1758)	II
<i>Luria lurida</i> (Linné, 1758)	II
<i>Mitra zonata</i> (Marryat, 1818)	II
<i>Patella ferruginea</i> (Gmelin, 1791)	II
<i>Patella nigra</i> (da Costa, 1771)	II
<i>Pholas dactylus</i> (Linné, 1758)	II
<i>Pinna nobilis</i> (Linné, 1758)	II
<i>Pinna rudis</i> (Linné, 1758)	II
<i>Schilderia achatidea</i> (Gray dans G.B. Sowerby II, 1837)	II
<i>Tonna galea</i> (Linné, 1758)	II
<b>Crustacés</b>	
<i>Homarus gammarus</i> (Linné, 1758)	III
<i>Maja squinado</i> (Herbst, 1788)	III
<i>Palinurus elephas</i> (Fabricius, 1787)	III
<i>Scyllarides latus</i> (Latreille, 1803)	III
<i>Scyllarus arctus</i> (Linné, 1758)	III
<b>Echinodermes</b>	
<i>Centrostephanus longispinus</i> (Philippi, 1845)	II
<i>Ophidiaster ophidianus</i> (Lamarck, 1816)	II
<i>Paracentrotus lividus</i>	III

262. Les informations fournies pour la Méditerranée espagnole par Marba et Duarte (2010) peuvent éclairer sur la majeure partie du reste de cette sous-région (les paragraphes suivants sont issus de leur rapport). La faune vivant sur les fonds meubles est dominée par les polychètes et les échinodermes (Pérès et Picard, 1962). Dans les prairies de zostère marine, les polychètes dominent la communauté invertébrée associée en termes de biomasse et de richesse des espèces (Luque et Templado, 2004). Cependant, parmi le grand nombre d'invertébrés vivant dans les prairies de zostère marine, il est intéressant de mentionner le mollusque *Pinna nobilis*, qui vit généralement dans les prairies de *Posidonia oceanica* et, parfois, de *Cymodocea nodosa*. Ce mollusque est le plus grand bivalve qui vit en Méditerranée avec des coquilles pouvant atteindre 100 cm de longueur. Un tiers de la coquille est enterré dans les sédiments et les rhizomes de zostère marine. L'abondance de *P. nobilis* va de 1 à 10 individus par m<sup>2</sup> et certains individus peuvent avoir plus de 35 ans (Garcia-March et Márquez-Aliaga, 2007). Les lits de maërl abritent également une communauté d'invertébrés très variée. Dans un lit de maërl sur la côte d'Alicante (Espagne), environ 200 espèces d'invertébrés, la plupart appartenant aux crustacés, mollusques et annélides, ont été enregistrées (Barbera *et al.*, 2003).

263. La liste des invertébrés caractéristiques sur les substrats rocheux et formant des récifs le long de la Méditerranée espagnole est longue (Tableau 2). Parmi eux, on trouve des constructeurs animaliers de coralligènes et des bioérodeurs. Dans la région de Marseille (France), Hong (1980) a identifié 124 espèces de constructeurs animaliers coralligènes, dont la plupart étaient des bryozoaires (62 %) et des polychètes serpulidés (23 %), tandis que les cnidaires, mollusques, éponges et crustacés représentaient seulement 4, 4, 4 et 1,6 % de ces espèces. L'éponge *Clionia viridis*, le bivalve *Lithophaga lithophaga* et plusieurs annélides, entre autres, érodent les concrétions calcaires. La composition des regroupements animaliers dans le coralligène est diverse et elle varie entre les associations végétales, les sites et les zones géographiques. La biomasse des regroupements d'invertébrés du coralligène a uniquement été quantifiée dans la région de Marseille (True, 1970). À Marseille, la biomasse de l'ensemble du regroupement d'invertébrés dominée par *Eunicella cavolini*, qui comptait 146 espèces invertébrées, était de 1 563 g PS/m<sup>2</sup>. La biomasse de *E. cavolini* dans ce regroupement comptait 304g PS/m<sup>2</sup> (True, 1970). Dans la même région, le regroupement dominé par *Paramuricea clavata* comprenait 111 espèces d'invertébrés, son poids total était de 3 175 g PS/m<sup>2</sup> et la biomasse de *P. clavata* était de 746 g PS/m<sup>2</sup> et 462 g PS/m<sup>2</sup> pour les autres cnidaires (*Caryophyllia smithii*, *Hoplangia durotrix* et *Corallium rubrum*) (True, 1970). Aux îles Medes (Espagne), la biomasse de cnidaires totale dans les concrétions coralligènes dominée par *P. clavata* était de 430 g PS/m<sup>2</sup> (Gili et Ballesteros, 1991). La biomasse du regroupement d'invertébrés de corail rouge à Marseille, dominée par *Corallium rubrum*, était de 3 817 g PS/m<sup>2</sup> et englobait 63 espèces (True, 1970).

264. La communauté coralligène dans son ensemble n'affiche pas de saisonnalité prononcée (Ballesteros, 2003). Cependant, la dynamique des espèces animales benthiques les plus dominantes du coralligène (par exemple, hydrozoaires, anthozoaires) varie de façon saisonnière (Ballesteros, 2003). Des espèces de grandes éponges et de cnidaires dominent la communauté circalittorale qui se développe à partir de 80 m vers la région bathyale supérieure (250 à 300 m) de la Méditerranée espagnole (Templado *et al.*, 2009). Sur les fonds marins détritiques, entre 90 et 250 m de profondeur, le bivalve *Neopycnodonte cochlear* domine souvent. Les fonds rocheux bathyaux de 200 à 400 m de profondeur et les élévations de la région bathyale peuvent être colonisés par la communauté de *Dendrophyllia cornigera*, qui, en plus de cette espèce de corail, compte plusieurs espèces d'éponges, d'hydrozoaires et de bryozoaires (Templado *et al.*, 2009). Les fonds rocheux bathyaux peuvent également être colonisés par des communautés d'octocoraux et des communautés bathyales d'éponges (Templado *et al.*, 2009). Les fonds marins rocheux méditerranéens espagnols à une profondeur supérieure à environ 300 m peuvent être occupés par des communautés résiduelles de coraux blancs (Templado *et al.*, 2009), principalement des coraux coloniaux *Lophelia pertusa* et *Madrepora oculata*. Cependant, la présence de communautés de coraux blancs dans les fonds méditerranéens est peu documentée (ZibroWius, 2003).

265. Le nombre d'individus dans les populations de *Pinna nobilis* a fortement réduit et son abondance est désormais faible dans la plupart des prairies de *P. oceanica* de la Méditerranée espagnole. Les populations de *P. nobilis* les mieux conservées se trouvent le long des côtes d'Almería, d'Alicante et des îles Baléares. Sur les fonds rocheux et le coralligène, le mollusque *Lithophaga lithophaga* est également considéré comme une espèce menacée (Boudouresque *et al.*, 1991) bien qu'il soit encore abondant (Ballesteros, 2003). La récolte de ces espèces et, pour *P. nobilis*, les modifications du littoral sont les principales menaces étudiées.

266. Boudouresque *et al.* (1991) répertorient également l'oursin *Centrostephanus longispinus* comme espèce menacée. L'abondance de *Scyllarides latus* (scyllare) a fortement diminué dans de nombreuses régions méditerranéennes en raison de la forte pression de la pêche sur cette ressource financière. En Méditerranée espagnole, il est plus commun aux îles Baléares où l'eau est la plus chaude.

267. Les colonies de suspensivores (éponges et gorgones) dans le nord-ouest de la Méditerranée vivant au-dessus de 40 m de profondeur ont connu des événements de mortalité massive suite à des vagues de chaleur (Garrabou *et al.*, 2009). En plus du stress lié à la température, la faible abondance de nourriture et les infections pathogènes au cours de ces périodes ont contribué à la mortalité de masse (Coma *et al.*, 2009 ; Bally et Garrabou, 2007). Le dépôt excessif de sédiments est également une menace importante pour les filtreurs du coralligène (Templado *et al.*, 2009).

268. On sait peu de choses sur l'extension et l'état de conservation des communautés circalittorales et bathyales. Le chalutage représente la principale menace pour ces communautés.

#### *Flore benthique : macroalgues et angiospermes*

269. La macrofaune marine méditerranéenne est estimée à environ 1 000 espèces macroscopiques, dont cinq sont des phanérogames marines. Elle est généralement répartie dans les zones peu profondes qui représentent moins de 10 % de la surface de la Méditerranée. Près du rivage, on trouve des bords de *Lithophyllum byssoides* (par ex. *L. Lichenoides*) au stade médiolittoral, les prairies de *Posidonia oceanica* et les forêts de Fucal (biocénoses avec *Cystoseira*) dans l'infralittoral et le coralligène dans le circalittoral (Zenetos *et al.*, 2002 ; Boudouresque, 2004). Parmi les habitats côtiers supplémentaires, on trouve les plateformes de vermétides et la concrétion *Neogoniolithon brassica-florida* (Boudouresque, 2004).

270. Les prairies de *Posidonia oceanica* sont considérées comme l'un des écosystèmes les plus importants de la Méditerranée ; les plus grandes prairies dans la sous-région occidentale se trouvent en France (dans les baies de Hyères et Giens et au large de la côte est de la Corse), en Italie (ouest de la Sardaigne et Sicile) et en Tunisie, bien que l'on trouve des prairies moins vastes dispersées à travers la région. *Posidonia* et d'autres angiospermes marins forment des habitats précieux d'un point de vue écosystémique ; pour cette raison, des zones localisées ont été bien étudiées et cartographiées (voir pour exemple la Figure 3.6).

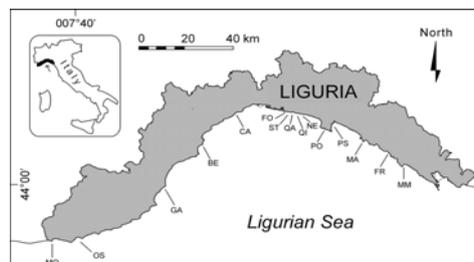


Figure 3.6 Emplacement de 15 lits de *Posidonia* étudiés par Montefalcone *et al.* (2009)

271. Les prairies de *Cymodocea nodosa* sont secondes en importance en Méditerranée, après les *Posidonie*. Sans être strictement endémique de la Méditerranée, l'espèce vit aussi dans l'Atlantique. Dans la sous-région occidentale, on trouve des regroupements principalement au Maroc et en Algérie.

272. Des informations détaillées sont disponibles pour la Méditerranée espagnole grâce au rapport de Malba et Duarte datant de 2010. Quatre espèces de zostère marine, c'est-à-dire des angiospermes clonaux qui peuvent uniquement réaliser leur cycles de vie dans la mer, colonisent les fonds sableux de la Méditerranée espagnole : *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii* et parfois *Z. marina*. Dans les eaux peu profondes, *P. oceanica* peut également pousser sur les fonds rocheux, tandis que *C. nodosa* et *Zostera* peuvent coloniser des sédiments vaseux. Du fait des besoins élevés en lumière (Duarte, 1991 ; Gattuso *et al.*, 2006), les zostères marines sont limitées à la zone infralittorale où l'éclairement correspond à au moins 11 % de l'irradiation en surface. *P. oceanica*, la seule zostère marine endémique méditerranéenne, s'étend entre 0 et 45 m de profondeur, les prairies les plus profondes étant enregistrées dans les eaux claires du parc national de Cabrera Archipelago (Marbà *et a.*, 2002). *C. nodosa* pousse entre 0 et 30 m de profondeur environ, dans les zones où

endroits dépourvus de *P. oceanica*, mais elle peut pousser avec des espèces de *Zostera* (Luque et Templado, 2004). *Zostera noltii* colonise les fonds peu profonds entre 0 et 5 m de profondeur, tandis que *Z. marina* peut atteindre 18 m de profondeur (Luque et Templado, 2004).

273. *Posidonia oceanica* est la zostère marine dominante et forme des prairies luxuriantes le long de la Méditerranée espagnole (îles Baléares incluses) jusqu'à Cabo de Gata (Almeria), la limite géographique à l'ouest pour cette espèce sur la côte méditerranéenne européenne. Entre Cabo de Gata et le détroit de Gibraltar, *P. oceanica* est uniquement présente à certains endroits, formant des poches isolées dans les eaux peu profondes (Luque et Templado, 2004). La population de *P. oceanica* la plus à l'ouest en Méditerranée espagnole a été enregistrée à Punta Chullera-Cala Sardina (Luque et Templado, 2004). Cabo de Gata fixe aussi la limite géographique orientale de la pénétration de zostère marine de l'Atlantique sur la côte méditerranéenne européenne (Luque et Templado, 2004). Tandis que de vastes prairies de *Z. marina* sont communes à l'ouest de cette barrière biogéographique, elles poussent rarement le long du reste de la Méditerranée espagnole. Entre l'est de Cabo de Gata et le cap de Creus (nord-est de l'Espagne), deux petites plaques de *Z. marina* ont été observées à Cala Jonquet au début des années 1990 (Costa Brava, Espagne, Marbà *et al.*, 1996), mais elles ont disparu à la fin de cette décennie. *C. nodosa* et *Z. noltii* sont répartis le long de la Méditerranée espagnole (îles Baléares incluses) du cap de Creus au détroit de Gibraltar.

274. Le schéma architectural des zostères marines est très similaire, mais elles présentent un vaste répertoire de dimensions et de rythmes de croissance, déjà évident chez celles qui poussent sur la côte méditerranéenne espagnole. *P. oceanica* est l'un des angiospermes les plus grands et ayant la croissance la plus lente de la planète, avec des pousses de plus de 700 mg (Duarte, 1991) et des taux d'extension de rhizome de 1 à 6 cm/an (Marbà et Duarte, 1998). Les autres espèces de zostère marine poussant en Méditerranée espagnole ont des pousses plus petites, allant de 250 mg/pousse (*Z. marina*) à 6 mg/pousse (*Z. noltii*, Duarte, 1991) et leurs rhizomes poussent plus vite, de 20 à 30 cm/an pour *Z. marina*, 10 à 127 cm/an pour *Z. noltii* et 7 à 200 cm/an pour *C. nodosa* (Marbà et Duarte, 1998). La durée de vie moyenne de ces espèces de zostère marine va de moins de 100 jours (*Z. noltii*) à plus de 4 300 jours (*P. oceanica*, Marbà *et al.*, 2007), bien que des pousses de plus de 30 ans soient présentes dans les prairies méditerranéennes espagnoles relativement vierges (Marbà *et al.*, 2002). De même, les efforts de reproduction diffèrent entre ces espèces. *P. oceanica* produit des inflorescences hermaphrodites qui se dégagent de moins de 3 % des pousses chaque année (Borum *et al.*, 2004), bien que l'intensité de poussée printanière fluctue grandement d'une année à l'autre. Des événements de poussée massive (lorsque plus de 10 % des pousses fleurissent) de *P. oceanica* ont été observés après des étés extrêmement chauds (Díaz-Almela *et al.*, 200X). En moyenne, environ 10 % des pousses des autres espèces de zostère marine fleurissent annuellement, en outre les fleurs font partie d'inflorescences hermaphrodites trimestrielles (*Zostera* sp.) ou sont séparées en fleurs devenant des pousses de clones mâles ou femelles (*C. nodosa*). Le peu d'investissement et la faible réussite de la reproduction, associés à la propagation clonale extrêmement lente de *P. oceanica* expliquent la longue colonisation (siècles) et le temps de rétablissement de cette espèce (Duarte, 1995). Inversement, les caractéristiques biologiques des autres espèces de zostère marine présentes en Méditerranée espagnole indiquent qu'elles sont capables de développer, et donc de récupérer, une prairie en quelques décennies (Duarte, 1995), si la perturbation qui déclenche les pertes cesse et que les conditions sont favorables à la croissance de la zostère marine.

275. Aussi importants que le sont les angiospermes pour la biodiversité et la productivité, les espèces de macroalgues représentent la majeure partie de la biodiversité de la flore dans les environnements benthiques marins. La plupart des espèces de macroalgues benthiques autochtones poussant en Méditerranée colonisent les fonds rocheux. Cependant, les macroalgues stolonifères *Caulerpa prolifera*, rhodophytes calcaires qui forment des lits de maërlit des lits de *Peyssonnelia* libres, poussent sur les fonds meubles. Les macroalgues peuvent pousser à une profondeur où l'éclairement est au moins égal à 0,02 % de l'éclairement de la surface (Gattuso *et al.*, 2006). Ces exigences de faible luminosité pour la croissance permettent aux espèces de macroalgues en Méditerranée occidentale d'être réparties entre 0 et 100 m de profondeur (Barbera *et al.*, 2003).

276. *Caulerpa prolifera* pousse entre 0 et 40 m de profondeur. *Caulerpa prolifera* forme des prairies denses, souvent sur des zones vaseuses avec des longs séjours dans l'eau, comme les lagunes côtières, les baies fermées et les ports. Elle est courante le long des côtes méditerranéennes espagnoles dans les zones peu profondes, mais elle peut pousser à 20 m de profondeur (Luque et Templado, 2004). *C. prolifera* peut pousser de façon monospécifique ou en association avec des zostères marines ou d'autres espèces de macroalgues. *C. prolifera* a des stolons de 1 à 2 mm de

diamètre qui poussent d'environ 80 cm/an (Marbà, données non publiées). Des frondes de 1 à 25 cm de long émergent des réseaux denses de stolons (Luque et Templado, 2004). La biomasse des prairies de *C. prolifera* présente une forte saisonnalité, contrainte principalement par la température et peut atteindre 180 à 280 g PS/m<sup>2</sup> en été (Luque et Templado, 2004).

277. En Méditerranée occidentale, on trouve des lits de maërl et de *Peyssonnelia* libres dans la zone circalittorale, entre 40 et 80-100 m de profondeur (Barbera *et al.*, 2003 ; Canals et Ballesteros, 1997). La diversité des macroalgues dans les lits de maërl est très importante, comme le reflètent les 168 espèces de macroalgues signalées pour l'une d'entre elles dans la région d'Alicante (Méditerranée espagnole, Barbera *et al.*, 2003). Cependant, les espèces *Lithothamnion corallioides*, *L. valens*, *Phymatolithon calcareum* et *Peyssonnelia* font en grande partie l'abondance des macroalgues (Canals et Ballesteros, 1997). Ce sont des espèces à croissance extrêmement lente, l'extrémité des branches s'allonge de moins de 1 mm/an (Blake et Maggs, 2003). Les macroalgues qui composent ces communautés aux îles Baléares contiennent 2 562 g de carbone total/m<sup>2</sup> (Canals et Ballesteros, 1997), la plus grande quantité de carbone total par zone se trouvant sur de la végétation marine.

278. Les taxons de macroalgues caractéristiques qui vivent dans les fonds rocheux de la Méditerranée espagnole comptent des espèces de structuration de l'habitat, comme celle du genre *Cystoseira*, grands varechs, et les constructeurs d'algues coralligènes (Templado *et al.*, 2009). La plupart des espèces du genre *Cystoseira* poussent en Méditerranée. La *Cystoseira* spp. méditerranéenne forme des voûtes très importantes et pousse dans la zone infralittorale, bien que les bandes les plus denses de taxons *Cystoseira* occupent les zones les moins profondes du sublittoral qui sont exposées à un fort hydrodynamisme. La biomasse des populations de *Cystoseira* peut être très importante. Par exemple, au niveau de la mer, une population de *Cystoseira mediterranea* a atteint une biomasse de 1 913 g poids sec/m<sup>2</sup> (nord-ouest de l'Espagne, Ballesteros, 1988) et une de *Cystoseira stricta* 1 860 g PS/m<sup>2</sup> (sud-est de la France, Bellan-Santini, 1968). Dans les eaux peu profondes, la biomasse de *Cystoseira caespitosa* était de 1 090 g poids sec/m<sup>2</sup> (1 406 g poids sec/m<sup>2</sup> si *Cystoseira compressa* inclus, Ballesteros, 1990a) et celle d'une communauté de *Cystoseira crinita* 910 g PS/m<sup>2</sup> (sud-est de la France, Bellan-Santini, 1968). La biomasse des espèces *Cystoseira* diminue lorsque la profondeur de l'eau augmente, mais à 27 m de profondeur, la biomasse aérienne d'une population de *Cystoseira spinosa* était encore de 454 g PS/m<sup>2</sup> (Ballesteros *et al.*, 1998), tandis que celle de *Cystoseira zosteroïdes* atteignait 112 g PS/m<sup>2</sup> à une profondeur de 18 m (Ballesteros, 1990b). La biomasse de *Cystoseira* varie selon les saisons et culmine en été.

279. En Méditerranée espagnole, les forêts de varech sont représentées par quelques espèces qui poussent dans la zone circalittorale. *L. ochroleuca* est limitée à la mer d'Alboran où elle pousse à 60 m de profondeur et *Laminaria rodriguezii*, une endémique méditerranéenne, est présente à des profondeurs de 50 à 70 m dans les zones aux eaux très claires des îles Columbretes, des îles Baléares et parfois de la région de Murcie (Templado *et al.*, 2009).

280. Les communautés coralligènes (constructions biogéniques faites de carbonate de calcium formant des organismes) constituent le second point névralgique le plus important de biodiversité des espèces en Méditerranée après les prairies d'algues (Boudouresque, 2004). Ces communautés ont été documentées dans la sous-région occidentale comme apparaissant principalement au Maroc, en Algérie, en Tunisie et en Principauté de Monaco. Les habitats de bordures de *Lithophyllum* sont courants dans les parties nord et centrale de la Méditerranée occidentale, bien qu'ils soient rares dans sa partie sud (Boudouresque, 2004).

281. Les concrétions coralligènes de la Méditerranée abritent plus de 300 espèces de macroalgues dont 33 à 48 % sont endémiques de la Méditerranée (Ballesteros, 2003). Les algues corallines sont les principaux constructeurs de coralligène (Ballesteros, 2003) et elles englobent plusieurs rhodophytes comme *Lithophyllum lichenoides*, *L. byssoïdes*, *L. frondosum*, *L. cabiochæ*, *Mesophyllum alternans*, *Neogoniolithon brassica-florida* ou *Neogoniolithon mamillosum*, entre autres (Templado *et al.*, 2009). Elles forment des communautés sciaphiles, poussant à une faible luminosité comprise entre 0,05 et 3 % de l'éclairement de la surface (Ballesteros, 2003). Par conséquent, elles poussent sur presque toutes les parois verticales et les canaux profonds, à une profondeur comprise entre 20 et 60 m en Méditerranée espagnole et entre 50 et 100 m dans les eaux claires des îles Baléares (Ballesteros, 2003). Les rythmes de croissance relatifs des deux constructeurs d'algues coralligènes importants poussant entre 15 et 30 m de profondeur aux îles Medes (Méditerranée espagnole nord) étaient compris entre 0,16/mois (*M. alternans*) et 0,09/mois (*L. frondosum*) et les taux de perte étaient

de 0,09/mois (*M. alternans*) et 0,04/mois (*L. frondosum*, Garrabou et Ballesteros, 2000). Ces rythmes de croissance ne varient pas d'une saison à l'autre. Les communautés dominées par les algues coralligènes sont les communautés méditerranéennes qui produisent les plus grandes quantités de carbonate total par unité de zone (464 g de carbonate total/m<sup>2</sup>/an, Canals et Ballesteros, 1997). Les communautés dominées par les algues coralligènes contiennent de grandes quantités de carbonate total, estimées à 1 585 g de carbone total/m<sup>2</sup> aux îles Baléares (Canals et Ballesteros, 1997). Outre les algues coralligènes, la chlorophyte *Halimeda tuna* peut également contribuer de façon significative à la production de carbonate de calcium des concrétions coralligènes peu profondes (Ballesteros, 2003). La production annuelle de matières organiques et de carbonate de calcium par *H. tuna* qui pousse à 18 m de profondeur en Méditerranée nord-occidentale a été estimée à 680 g PS/m<sup>2</sup>/an, égale à 114 g de carbone organique/m<sup>2</sup>/an et 314 g Ca CO<sub>3</sub>/m<sup>2</sup>/an (Ballesteros, 2003), ce qui est similaire à la production de carbonate de calcium des algues corallines (Ballesteros, 2003). La croissance de *H. tuna* présente une forte saisonnalité et elle a principalement lieu en été (Ballesteros, 2003).

282. Une forte réduction des espèces de macroalgues structurant les habitats en Méditerranée occidentale a été signalée pour certaines Fucales. Cinq espèces de *Cystoseira* (*Cystoseira crinita*, *Cystoseira barbata*, *Cystoseira foeniculacea* f. *tenuiramosa*, *Cystoseira spinosa*, *Cystoseira spinosa* var. *compressa*) et deux espèces de *Sargassum* (*Sargassum hornschuchii* et *Sargassum vulgare*), qui poussaient à la fin de XIX<sup>e</sup> siècle sur la côte des Albères (France, Méditerranée nord-occidentale), se sont éteintes dans cette région (Thibaut *et al.*, 2005). De même, *C. mediterranea*, une espèce qui, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, formait une ceinture continue le long des rives de la côte des Albères, est actuellement limitée à quelques sites le long de cette côte (Thibaut *et al.*, 2005). Le long de la Méditerranée espagnole, *Cystoseira mediterranea* se trouve uniquement dans des sites relativement intacts et sa présence est utilisée comme un indicateur de bonne qualité des masses d'eau côtières pour la directive cadre européenne sur l'eau (Pinedo *et al.*, 2007). La surexploitation par les oursins, la concurrence des moules, la destruction de l'habitat et la pollution ont été identifiées comme les principales menaces pour ces populations de Fucales vivant dans les eaux peu profondes, tandis que l'augmentation de la turbidité de l'eau et, probablement, la pollution et la pêche au filet sont les principales causes de déclin de *Cystoseira* dans les eaux profondes (Thibaut *et al.*, 2005).

283. Des lits de maërl ont également été signalés comme étant très menacés par les activités humaines. De récentes études sur l'intensité de la pêche et la zone balayée par les engins de pêche indiquent que la plupart des systèmes benthiques sédimentaires sur le plateau continental européen ont été modifiés par les activités de pêche au cours des 100 dernières années (Barbera *et al.*, 2003). Le chalutage à panneaux peut provoquer une dégradation physique et biologique des habitats benthiques (Sánchez-Lizaso *et al.*, 1990) et en Méditerranée espagnole, il est effectué illégalement dans certaines eaux côtières, y compris sur les bancs de maërl au large d'Alicante (Bordehore *et al.*, 2000) et Majorque (Massutí *et al.*, 1996). Cependant, on ne sait pas à quel degré les lits de maërl sont pêchés dans la plupart des zones (Barbera *et al.*, 2003) empêchant les estimations de la magnitude des pertes des espèces clés.

284. Parmi les macroalgues qui vivent dans le coralligène, Boudouresque *et al.* (1980) en ont identifié 8 qui peuvent être considérées comme étant menacées : *Chondrymenia lobata*, *Halarachnion ligulatum*, *Halymenia trigona*, *Platoma cyclocolpa*, *Nemastoma dichotomum*, *Ptilophora mediterranea*, *Schizymenia dubyi* et *Laminaria rodriguezii*. En outre, Ballesteros (2003) a ajouté les suivants à la liste : *Æodes marginata*, *Sphaerococcus rhizophylloides*, *Schmitzia naepolitana*, *Ptilocladopsis horrida*, *Microcladia glandulosa*, *Rodriguezella bornetii*, *R. pinnata* et *Lomentaria subdichotoma*. La pollution et les taux de sédimentation accrus sont les principales menaces pour ces espèces. *L. rodriguezii* est maintenant limitée au coralligène, car elle a presque disparu des lits de maërl, le meilleur habitat pour son développement, en raison des activités de chalutage (Ballesteros, 2003).

### 3.3.3 Mammifères marins, reptiles et oiseaux marins

#### *Mammifères marins*

285. La sous-région occidentale renferme le plus riche éventail de mammifères, tortues et oiseaux marins de l'ensemble du bassin méditerranéen. Cela est en partie dû à la proximité avec l'Atlantique d'où certaines espèces viennent dans la partie ouest du bassin, mais aussi du fait que la sous-région comporte des systèmes saisonniers frontaux et de remontée qui fournissent les nutriments nécessaires à une chaîne alimentaire étendue. Le sanctuaire Pelagos est un tel endroit, comportant

un habitat adapté pour les besoins liés à la reproduction et l'alimentation de l'effectif total des espèces de cétacés trouvées régulièrement en Méditerranée (Notarbartolo di Sciara, 1994 ; Beaubrun, 1995). Les deux espèces les plus abondantes dans le sanctuaire, le rorqual commun et le dauphin bleu et blanc, représentaient plus de 80 % de l'ensemble des observations de cétacés faites au cours de croisières estivales réalisées dans cette région entre 1986 et 1989 (Notarbartolo di Sciara, 1994). Environ 3 500 rorquals communs se trouvent en Méditerranée occidentale et la plupart d'entre eux se concentrent dans le bassin corso-liguro-provençal en été pour se nourrir de krill (Forcada *et al.*, 1996), bien que les baleines puissent y être observées tout au long de l'année (Notarbartolo di Sciara *et al.*, 2003). Les dauphins bleus et blancs sont les cétacés les plus abondants dans les eaux du large méditerranéennes (Aguilar, 2000) ; dans le sanctuaire, leur nombre est de 20 000-30 000 (Forcada *et al.*, 1995) et ils représentent 60 % de l'ensemble des observations de cétacés entre 1986 et 1989 (Notarbartolo di Sciara, 1994).

286. Les autres espèces sont également des composantes régulières de la faune de cétacés du sanctuaire ; il s'agit notamment d'odontocètes teutophages plongeant en profondeur comme le cachalot *Physeter macrocephalus*, la baleine pilote *Globicephala melas* et du dauphin de Risso *Grampus griseus*, qui fréquente les eaux du large et du rivage (Di-Méglio *et al.*, 1999 ; Gordon *et al.*, 2000), et de la baleine à bec de Cuvier *Ziphius cavirostris*, qui favorise des zones littorales spécifiques recouvrant des canyons sous-marins (Nani *et al.*, 1999) ; le dauphin commun à bec court *Delphinus delphis* désormais rare et menacé se trouve dans les eaux du large et du rivage en particulier dans la partie sud du sanctuaire (Bearzi *et al.*, 2003) ; et le grand dauphin *Tursiops truncatus*, davantage côtier, qui fréquente principalement les zones de plateau autour de la Corse, du nord de la Sardaigne, de l'archipel toscan et de la France continentale (Nutti *et al.*, 2004 ; Ripoll *et al.*, 2004). Le seul autre mammifère marin trouvé en Méditerranée, le phoque moine *Monachus monachus*, a disparu de la région du sanctuaire au milieu du XX<sup>e</sup> siècle (Notarbartolo di Sciara et Demma, 1997), mais il pourrait théoriquement recoloniser ses rives si sa population venait à augmenter et si l'empiétement humain sur son habitat essentiel de reproduction baissait à un niveau acceptable pour ce mammifère timide.

287. La Méditerranée espagnole est également une zone clé pour les mammifères, les tortues et les oiseaux marins. La mer d'Alboran et les îles Baléares sont particulièrement importantes pour le vieillissement et les haltes des mammifères marins et, dans une moindre mesure, les tortues marines (principalement les tortues caouannes, mais des observations de tortues luth confirment que des membres de la population atlantique entrent parfois en Méditerranée via le détroit de Gibraltar). D'autres informations sur cette mégafaune de la partie espagnole de la Méditerranée occidentale, comme fournies par Marba et Duarte (2010) suivent, avec des informations provenant du Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino ([www.marm.es](http://www.marm.es)).

288. Le rorqual commun *Balænoptera physalus* est relativement abondant en Méditerranée, se concentrant dans les zones de remontée comme le golfe du Lion et la mer Ligure. Il n'y a pas d'estimation bien fondée de la taille de la population de cette espèce en Méditerranée, mais il pourrait y avoir entre 1 000 et 3 000 individus. La principale menace est la chasse pour l'exploitation commerciale et la collision avec les bateaux dans les zones de trafic maritime intense. La baleine à bosse *Megaptera novaengliæ* est une espèce rare en Méditerranée et, lorsqu'elle est observée, il s'agit probablement d'individus en errance provenant de la population atlantique.

289. Le cachalot *Physeter macrocephalus* est relativement fréquent en Méditerranée espagnole, en particulier dans les zones productives, bien qu'il puisse coloniser toute masse d'eau où la disponibilité en nourriture est suffisante. L'exploitation commerciale a eu un impact intensif sur les grands stocks mondiaux de cette espèce. Plusieurs individus ont été accidentellement capturés par des filets de pêche en Méditerranée, mais on ne sait pas dans quelle mesure cela augmente la mortalité au niveau de la population.

290. *Stenella coeruleoalba* est le mammifère marin le plus abondant dans les eaux espagnoles, sur les côtes atlantiques et méditerranéennes. C'est une espèce pélagique qui vit dans les eaux d'une température comprise entre 18 et 25 °C, bien qu'il soit abondant en Méditerranée dans le plateau continental à des profondeurs supérieures à 100-200 m ou à environ 100 miles nautiques de la côte. En 1990, une part importante, mais non définie de la population est morte d'une épizootie. Il a été suggéré que la population de cette espèce en Méditerranée occidentale s'était agrandie au cours des dernières décennies, mais cette tendance n'a pas été quantifiée.

291. Le grand dauphin *Tursiops truncatus* est présent le long de toute la côte méditerranéenne espagnole, mais la répartition de la population est fragmentée le long de la région. La dimension de sa population le long de la Méditerranée espagnole est inconnue, mais au cours des dernières décennies, elle a connu d'importantes baisses, en particulier dans les régions de Catalogne et de la Communauté valencienne, probablement en raison de la pêche accidentelle, de la pollution et de la dégradation des écosystèmes côtiers. La population aux îles Baléares, avec 400 à 800 individus, se classe parmi les plus abondantes de la Méditerranée espagnole.

292. Le dauphin commun, *Delphinus delphis*, était présent le long de l'ensemble de la côte de la Méditerranée espagnole (îles Baléares incluses), mais sa répartition le long de cette côte a été réduite et, actuellement, il ne se trouve qu'au sud du Cap de la Nao. La modification de la répartition n'est pas seulement limitée à la Méditerranée espagnole, car il est à présent très rare sur les côtes méditerranéennes françaises et nord italiennes. La baleine pilote, *Globicephala melas*, est relativement courante le long de la côte d'Almeria, de Grenade et de la région de Murcie. Ses populations diminuent le long de la région de Valence, Catalunya et des îles Baléares. Des études génétiques ont révélé que les populations atlantiques et méditerranéennes étaient différentes et qu'il existait une variabilité génétique inférieure chez celle de Méditerranée. En Méditerranée espagnole, la population la plus nombreuse se trouve dans la mer d'Alboran. Le nombre d'observations individuelles diminue au-dessus du golfe de Vera. Le nombre de groupes et d'individus de cette espèce dans ces régions est stable, mais il a varié entre 1992 et 2006 et a augmenté en 2007 et 2008.

293. L'orque *Orcinus orca* vit dans les eaux côtières et libres et a été observé plusieurs fois près des îles Baléares, mais il n'est pas abondant dans les eaux espagnoles. Une autre espèce rare est *Grampus griseus*, observée au nord de Majorque et Minorque (îles Baléares), au sud du golfe du Lion et de la mer d'Alboran au Cap de Gate et au golfe de Vera (Almeria). Il manque des estimations sur l'abondance générale de cette espèce et la répartition en Méditerranée occidentale n'a pas été déterminée.

294. Le phoque moine *Monachus monachus* vit également en Méditerranée occidentale, mais il est rare. La répartition historique globale de cette espèce englobe les côtes de l'ensemble de la Méditerranée et, en Atlantique, la côte du nord de l'Afrique et du Portugal. En 1991, un seul individu vivait aux îles Chafarinas. Jusqu'en 1960-65, des petits groupes vivaient au Cap de Gate et d'autres petits groupes aux îles Baléares. Depuis, il a été observé de façon occasionnelle aux îles Baléares (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, [www.marm.es](http://www.marm.es)). Les principales menaces pour cette espèce sont la chasse par les humains pour empêcher la concurrence au niveau de la pêche, la capture accidentelle par les filets de pêche, la destruction de l'habitat côtier, la pollution, la fragmentation et la dimension de la population.

#### *Tortues marines*

295. Les espèces de tortues marines dans les eaux méditerranéennes espagnoles sont *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Dermochelys coriacea* et parfois *Lepidochelys kempii* (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España). *Caretta caretta* est la tortue la plus commune dans les eaux espagnoles. En Espagne, elle est plus abondante en Méditerranée, en particulier dans les régions des îles Baléares et de la mer d'Alboran, qu'en Atlantique. Des individus sont souvent observés dans les eaux libres de la Méditerranée, surtout au printemps et au début de l'automne. La population méditerranéenne montre une plus grande stabilité en termes de nids annuels que celle de l'Atlantique, mais elle est fortement menacée sur les plages (en raison du tourisme et de la pollution) et dans les eaux libres (pêche, pollution, trafic maritime). En 1992, les tortues de mer étaient considérées comme disparues de la Méditerranée espagnole (Blanco et González, 1992), mais, par la suite, quelques individus ont été enregistrés (Delta del Ebro, Almeria).

296. La tortue verte *Chelonia mydas* est une espèce rare en Méditerranée espagnole. Des individus ont été observés aux îles Chafarinas, dans les environs de Valence et Murcie, aux îles Baléares et dans le nord de la mer d'Alboran. La principale menace pour cette espèce est la consommation humaine de sa viande, ses œufs et sa graisse. L'exploitation de cette espèce entre 1930 et 1982 a provoqué des diminutions majeures des stocks reproductifs méditerranéens. Par ailleurs, la perte des prairies de zostère marine, servant d'alimentation aux individus adultes, peut avoir contribué au déclin de cette espèce de tortue en Méditerranée. L'occupation des plages méditerranéennes par les humains menace la reproduction de cette espèce. La petite dimension de la

population, la pollution et la pêche accidentelle sont également identifiées comme des menaces pour cette espèce en Méditerranée.

297. La tortue luth *Dermochelys coriacea* est présente, mais aucun enregistrement de nid n'apparaît dans le bassin. Elle est présente dans l'ensemble de la Méditerranée espagnole, mais elle est plus fréquemment observée au sud des îles Baléares, en mer d'Alboran, à Ceuta et Melilla. La tortue de Kemp, *Lepidochelys kempii*, est une espèce encore plus rare en Méditerranée espagnole, où elle a été signalée une fois seulement à Valence (octobre 2001, J. TOMÁS, comm. pers.).

298. Le sanctuaire marin Pelagos et les eaux environnantes comprennent également un nombre significatif de tortues caouannes et, parfois, des tortues luth (G. Lauriano, comm. pers.).

#### Oiseaux marins

299. La Méditerranée occidentale est également une zone très importante pour les oiseaux marins. De nombreuses espèces de la liste des espèces d'oiseaux méditerranéens présentant un intérêt de conservation résident ou font étape dans cette sous-région (Tableau 3.4).

Tableau 3.4 : Espèces d'oiseaux marins et statuts dans le protocole

Espèces	Annexe protocole ASP et biodiversité
<i>Ceryle r. rudis</i> (Linné, 1758)	II
<i>Charadrius alexandrinus</i> (Linné, 1758)	II
<i>Charadrius leschenaultii columbinus</i> (Lesson, 1826)	II
<i>Larus genei</i> (Breme, 1839)	II
<i>Larus melanocephalus</i> (Temminck, 1820)	II
<i>Puffinus mauretanicus</i> (Lowe, PR, 1921)	II
<i>Sterna caspia</i> (Pallas, 1770)	II
<i>Sterna nilotica</i> (Gmelin, JF, 1789)	II
<i>Calonectris diomedea</i> (Scopoli, 1769)	II
<i>Falco eleonoræ</i> (Géné, 1834)	II
<i>Hydrobates pelagicus</i> (Linné, 1758)	II
<i>Larus audouinii</i> (Payraudeau, 1826)	II
<i>Numenius tenuirostris</i> (Viellot, 1817)	II
<i>Pandion haliaëtus</i> (Linné, 1758)	II
<i>Pelecanus onocrotalus</i> Linné, 1758	II
<i>Phalacrocorax aristotelis</i> (Linné, 1761)	II
<i>Phoenicopterus ruber (roseus)</i> (Linné, 1758)	II
<i>Puffinus puffinus yelkouan</i> (Brünnich, 1764)	II
<i>Sterna albifrons</i> (Pallas, 1764)	II
<i>Sterna bengalensis</i> (Lesson, 1831)	II
<i>Sterna sandvicensis</i> (Latham, 1878)	II

300. Les écologistes ont désigné cinq grandes zones en Méditerranée occidentale comme prioritaires pour la conservation des oiseaux marins, dont la mer d'Alboran, les eaux entourant les îles Baléares, la côte catalane et la zone au large, le golfe du Lion et la mer Ligure supérieure (sanctuaire marin Pelagos) (C. Carboneras, comm. pers.).

301. Au-delà de ces zones discrètes, la Méditerranée espagnole abrite probablement la communauté la plus diverse d'oiseaux marins reproducteurs et migrateurs d'Europe (Arcos *et al.*, 2009). Il s'agit également, à l'heure actuelle, du seul pays où nichent les trois espèces endémiques (Marba et Duarte, 2010).

302. Dix espèces de goélands et de sternes placent leurs principales colonies le long des côtes espagnoles et 4 espèces de procellariiformes se reproduisent aux îles Baléares et sur de petites îles à proximité du continent espagnol (Arcos *et al.*, 2009). Parmi ces espèces, le puffin baléarique *Puffinus muritanicus*, le puffin yelkouan *Puffinus yelkouan* et le goéland d'Audouin *Larus audouinii* sont endémiques du bassin méditerranéen. Avec une population d'environ 2 000 couples reproducteurs, le puffin baléarique est l'oiseau marin le plus menacé de la région méditerranéenne et il se reproduit exclusivement le long des côtes de l'archipel des Baléares. La répartition du puffin yelkouan étroitement lié va de l'île de Minorque, le seul site connu en Espagne, à l'est de la Méditerranée. Ses populations ne sont pas considérées comme vulnérables, mais le nombre de couples reproducteurs a récemment diminué. La côte espagnole abrite environ 90 % de la production reproductrice des goélands d'Audouin. La plus grande colonie se trouve dans l'estuaire de l'Èbre le long de la côte est du pays, mais d'autres sites de reproduction se trouvent le long de la région de Valence, l'île de Majorque, Alborán et l'archipel de Chafarinas. De même, le puffin cendré *Calonectris diomedea* se reproduit en grand nombre aux îles Baléares et Chafarinas. Les 40 % de la population reproductrice méditerranéenne de pétrel tempête *Hydrobates pelagicus* sont répartis le long de la Méditerranée espagnole, principalement sur les îles d'Ibiza et Formentera et sur de petites îles au large d'Alicante et Murcie. Le cormoran huppé *Phalacrocorax aristotelis* possède également une population importante le long de la côte sud de l'Espagne (régions de Gérone, Alicante et Murcie) et sur les îles de l'archipel des Baléares. Les sternes, comme la sterne naine *Sterna albifrons*, la sterne pierregarin *Sterna hirundo*, la sterne caugek *Thalasseus sandviensis* et la sterne hansel *Gelochelidon nilotica* sont principalement concentrées sur les zones humides du delta de l'Èbre, dans la région de Valence et le long de la côte sud de l'Espagne (Murcie et Alicante). Leurs populations sont actuellement en déclin en raison de la disparition rapide des zones humides le long de la côte méditerranéenne (Marti et Del Moral, 2003). En revanche, la population espagnole du goéland pontique *Larus cachinnans* est probablement la plus grande du monde (Marti et Del Moral, 2003) avec des colonies reproductrices le long de la côte de l'Espagne et des îles.

303. De grandes populations d'espèces hivernantes sont également présentes le long de la côte méditerranéenne. Certaines d'entre elles, comme la mouette mélanocéphale *Larus melanocephalus*, peuvent avoir les principaux sites d'hivernage sur la côte méditerranéenne orientale de l'Espagne (Arcos *et al.*, 2009).

304. À l'exception de quelques espèces, comme le goéland pontique, presque tous les oiseaux reproducteurs de la Méditerranée espagnole sont menacés ou considérés comme vulnérables. La plupart de ces espèces sont répertoriées dans l'Annexe I de la directive européenne sur les oiseaux en raison de leur population limitée et/ou de leur déclin important en nombre.

### 3.3.4 Espèces exotiques, non-indigènes et invasives

305. Dans cette région, les communautés des zones rocheuses et des fonds meubles sont productives et variées, mais elles commencent à être touchées par les activités humaines de façon directe et indirecte. Selon Badalamenti *et al.*, 2008, des événements de mortalité catastrophiques de populations d'invertébrés sessiles, comme plusieurs gorgones et éponges, ont été documentés en mer Ligure (Cerrano *et al.*, 2000 ; Rodolfo-Metalpa *et al.*, 2000, 2005, 2006), mais ils ont probablement eu lieu également dans les eaux italiennes. Des épisodes chauds enregistrés à la fin des années 1990 et au début de 2000 ont vraisemblablement fait augmenter la taille des populations d'espèces méditerranéennes des eaux chaudes et étendu la colonisation des espèces invasives provenant de l'Atlantique et de la mer Rouge (par ex., *Caulerpa racemosa*, *Caulerpa taxifolia*, *Percnon gibbesi*, *Cerithium scabridum*, entre autres).

306. Outre ces expansions/invasions bien documentées, il a été intéressant d'observer la présence de vastes bancs de moules, principalement composés de la moule érythrénne sur de nombreuses plateformes de vermétides, *Dendropoma petraeum*, du nord-ouest de la Sicile (Milazzo, données non publiées). *B. pharaonis* est abondante dans le bassin levantin, où elle est entrée 6 ans après l'ouverture du canal de Suez. Cette espèce se trouvait en Sicile à la fin des années 1960 (Di Geronimo, 1971), se propageant successivement dans certains habitats hyperhalins (systèmes de

production de sel) à la fin des années 1980 (Gianguzza *et al.*, 1998 ; Sarà *et al.*, 2006). Elle a désormais colonisé plusieurs plateformes de vermétides le long de la côte sicilienne (Badalmenti *et al.*, 2008).

307. Il semble raisonnable de supposer que l'extension nord (système liguro-tyrrhénien) de l'isotherme 15° peut provoquer une augmentation du nombre d'espèces thermophiles, y compris ces espèces d'origine atlantique tropicale (comme *Sparisoma cretense*) qui sont entrées en Méditerranée au cours de périodes interglaciaires plus chaudes pour rester confinées dans le secteur sud-est avec un refroidissement ultérieur (Bianchi, 2007). Dans leur déplacement vers le nord, ces espèces entreront en contact avec la flore/faune du nord-ouest de la Méditerranée très différente du reste de cette mer. En fait, on trouve ici des populations résiduelles aimant les eaux froides (par exemple, les mollusques *Buccinum humphreysianum*, *Colus gracilis*, *Natica catena* et les poissons *Pomatoschistus pictus*, *P. microps*, *P. minutus*), qui, en Atlantique, sont généralement absents au sud du golfe de Gascogne, ainsi que de nombreuses espèces endémiques.

### 3.3.5 Populations de poissons avec leur abondance et leur répartition spatiale

308. La communauté de poissons de Méditerranée est dominée par de petits pélagiques où la sardine et l'anchois prévalent en termes de biomasse et de capture (Coll *et al.*, 2006). Les détritivores sont également des éléments importants, en particulier dans la région démersale. Les débarquements de pélagiques ont diminué depuis 1994 avec une diminution de la biomasse pélagique (Coll *et al.*, 2006). Des analyses sur les causes de la variation des débarquements dans les eaux entourant le plateau continental de l'Èbre (nord-ouest de la Méditerranée) ont prouvé que les apports fluviaux et le vent influaient fortement sur la productivité des petits poissons pélagiques, dominés par l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et la sardine (*Sardina pilchardus*) (Lloret *et al.*, 2004). En outre, il y a eu une baisse significative du niveau moyen trophique des débarquements méditerranéens (env. 0,15 niveaux trophiques sur 26 ans, Pinnegar *et al.*, 2003). Cependant, ce déclin serait presque entièrement dû aux débarquements accrus des mollusques bivalves de la mariculture et non aux changements dans les débarquements de la pêche, qui n'ont pas été significatifs depuis 1973 (Pinnegar *et al.*, 2003).

309. Depuis 1981, l'élevage en cage d'espèces de niveau trophique élevé comme le bar (*Dicentrarchus labrax*) et la dorade (*Sparus aurata*) est devenu de plus en plus important.

310. Dans le bassin méditerranéen occidental (1950-2003), une relation positive significative a été découverte entre les débarquements de sardinelles rondes et les anomalies thermiques (Sabatés *et al.*, 2006). L'abondance de la sardinelle ronde dans les deux zones les plus chaudes et les plus au sud était positivement et significativement liée à la température de la surface de l'eau enregistrée au début de la maturation des gonades l'année précédente (Sabatés *et al.*, 2006). On a constaté une nette augmentation de l'abondance de larves au cours des dernières années et l'apparition de larves dans les zones d'étude les plus au nord, où il n'y en avait pas 20 ans auparavant. Cela indique le succès de la reproduction de la sardinelle ronde dans la partie nord de la Méditerranée, où l'espèce s'est répandue, confirmant son installation dans la région avec le réchauffement de l'eau de mer (Sabatés *et al.*, 2006).

311. La crevette rouge (*Aristeus antennatus*) est l'une des ressources les plus importantes du chalutage de fond en Méditerranée espagnole. Elle est capturée sur la pente entre 400 et 800 m de profondeur et, malgré une capture relativement restreinte, elle contribue de façon importante au total des gains de la pêche, jusqu'à 30 %. Les captures ont fortement augmenté entre 1948 et 1997, mais elles ont diminué au cours de ces cinq dernières années avec une diminution de la taille moyenne (Carbonell *et al.*, 1999) mettant en évidence la surexploitation de cette espèce.

312. La surexploitation n'est pas seulement une conséquence de la pression de la pêche commerciale, mais également de la pression croissante de la pêche récréative (peu réglementée). Une étude sur l'île de Majorque a montré que 5,14 % de la population participe à la pêche récréative, avec un impact non négligeable sur la faune côtière (Morales-Nin *et al.*, 2005). Les captures annuelles de la pêche récréative représentent 31 % de la production au niveau trophique 4, ce qui est préoccupant vis-à-vis de l'exploitation durable de la pêche récréative (Morales-Nin *et al.*, 2005).

### 3.4 Classification et répartition connue des habitats

313. Les prairies de *Posidonia oceanica* se classent parmi les écosystèmes les plus menacés sur Terre (Duarte *et al.*, 2008) et ces informations sur la répartition et l'état de ces habitats sont plus facilement disponibles que pour tout autre type d'habitat. Depuis les années 1980, 102 prairies sur un total de 176 signalées dans le bassin méditerranéen ont connu un déclin de leur étendue et/ou leur abondance de pousses, dépassant 50 % dans 17 % des prairies (Marbà, 2009). La surveillance annuelle de la densité des pousses dans des parcelles permanentes réparties sur 40 prairies de *P. oceanica* en Méditerranée espagnole a révélé qu'au cours de la décennie actuelle, 67 % des prairies ont connu des pertes nettes de densité de pousses. Sur l'ensemble des prairies étudiées, le taux net récent de modification de la densité des pousses était de -5 %/an, révélant une tendance générale à la baisse (Marbà *et al.*, 2005 ; Marbà, 2009). Ces pertes ont été observées dans les prairies de zostère marine situées non seulement dans les zones côtières soumises à une forte pression anthropogénique, mais aussi dans des zones protégées comme le parc national de Cabrera Archipelago (îles Baléares), où des mesures pour conserver les écosystèmes marins et terrestres ont été mises en place depuis 1991 (Marbà, 2009). Les principales menaces pour *P. oceanica* sont l'eutrophisation, les dommages mécaniques, l'ensevelissement, l'érosion et le réchauffement climatique.

314. Ces prairies de zostère marine sont des habitats clés en Méditerranée car elles apportent des services importants aux zones côtières, comme l'enfermement du carbone, le soutien de la biodiversité et la productivité de la pêche, le maintien de la transparence de l'eau, la stabilisation des sédiments et la prévention de l'érosion côtière. Leur propagation le long de la Méditerranée occidentale a diminué pendant plusieurs décennies et la densité de pousses est actuellement en baisse dans des lieux comme la côte espagnole où leur superficie a été surveillée (Figure 3.7). Les principales menaces pour les prairies de zostère marine sont l'eutrophisation, les constructions côtières et le dragage, mais les invasions biologiques, en particulier celles de *Caulerpa racemosa* et *Lophocladia lallemandii*, sont des menaces émergentes.

315. Les informations sur la répartition et l'état de conservation d'autres écosystèmes marins, habitats et espèces vulnérables de Méditerranée occidentale sont rares, comme noté, entre autres, par Marba et Duarte, 2010. Dans les États européens, les efforts pour combler ce manque de connaissances sont mis en place au sein du réseau Natura 2000. Cependant, le réseau Natura 2000 ne s'applique pas à tous les habitats et espèces marins vulnérables.

316. Le centre d'activité régional pour les aires spécialement protégées (PNUE/PAM — CAR/ASP) a dressé une liste de référence des principaux types d'habitats benthiques, dont la majeure partie est représentée, dans une certaine mesure, dans la sous-région occidentale. Cette liste est présentée dans la Figure 4.14 ci-dessous. En outre, le PAS BIO s'engage à établir un inventaire complet des habitats méditerranéens (benthiques et autres). Cependant, au moment de cette évaluation initiale, aucune cartographie exhaustive des habitats benthiques ou pélagiques connus n'a été réalisée.

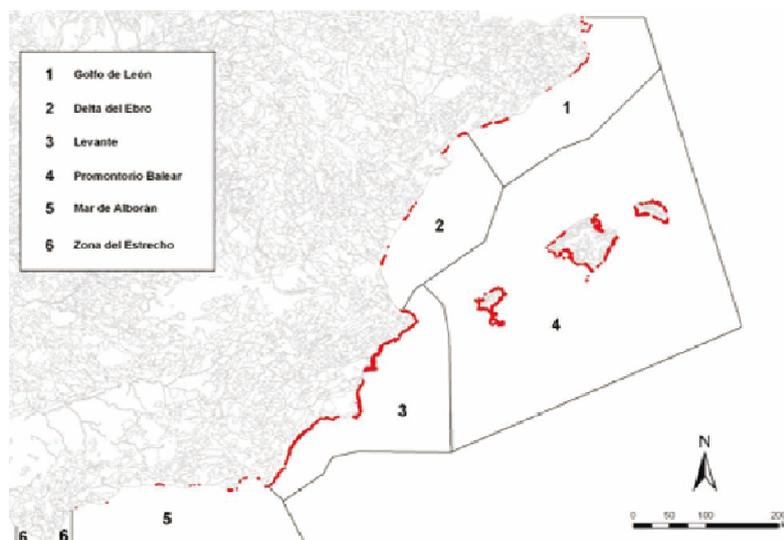


Figure 3.7 : Répartition des prairies de *Posidonia* le long de la côte espagnole (Marba et Duarte, 2010)

Tableau 3.5 : Les types d'habitats benthiques, dont les habitats des eaux profondes pris en compte par le PAS BIO (Cebrian, 2009).

- I. SUPRALITTORAL
  - I.1. VASES
    - I.1.1. Biocénose des plages avec varech à dessiccation lente sous salicornes
  - I.2. SABLES
    - I.2.1. Biocénose de sables supralittoraux
  - I.3. PIERRES ET GALETS
    - I.3.1. Biocénose de varech à dessiccation lente
  - I.4. LITS DURS ET ROCHERS
    - I.4.1. Biocénose de rochers supralittoraux
- II. MÉDIOLITTORAL
  - II.1. VASES, VASES SABLEUSES ET SABLES
    - II.1.1. Biocénose de sables vaseux et de vases
  - II.2. SABLES
    - II.2.1. Biocénose de sables médiolittoraux
  - II.3. PIERRES ET GALETS
    - II.3.1. Biocénose de fonds détritiques grossiers médiolittoraux
  - II.4. LITS DURS ET ROCHERS
    - II.4.1. Biocénose des rochers médiolittoraux supérieurs
    - II.4.2. Biocénose des rochers médiolittoraux inférieurs
    - II.4.3. Grottes médialittorales
      - II.4.3.1. Association avec *Phymatolithon lenormandii* et *Hildenbrandia rubra*
- III. INFRALITTORAL
  - III.1. VASES SABLEUSES, SABLES, GRAVIERS ET ROCHERS EN MILIEU EURYHALIN ET EURYTHERMAL
    - III.1.1. Biocénose euryhaline et eurythermale
  - III.2. SABLES FINS AVEC PLUS OU MOINS DE VASE
    - III.2.1. Biocénose de sables fins dans des eaux très peu profondes
    - III.2.2. Biocénose de sables fins bien triés
    - III.2.3. Biocénose de sables vaseux superficiels dans des eaux abritées
  - III.3. SABLES GROSSIERS AVEC PLUS OU MOINS DE VASE
    - III.3.1. Biocénose de sables grossiers et de graviers fins mélangés par les vagues
    - III.3.2. Biocénose de sables grossiers et de graviers fins sous l'influence des courants de fond
  - III.4. PIERRES ET GALETS
    - III.4.1. Biocénose de galets supralittoraux
  - III.5. PRAIRIES DE POSIDONIA OCEANICA
    - III.5.1. Prairies de *Posidonia oceanica* (= association avec *Posidonia oceanica*)
  - III.6. LITS DURS ET ROCHERS
    - III.6.1. Biocénose d'algues supralittorales
- IV. CIRCALITTORAL
  - IV.1. VASES
    - IV.1.1. Biocénose de vases terrigènes côtières
  - IV.2. SABLES
    - IV.2.1. Biocénose des fonds détritiques vaseux
    - IV.2. Biocénose des fonds détritiques côtiers
    - IV.2.3. Biocénose des fonds détritiques d'accore
    - IV.2.4. Biocénose de sables grossiers et de graviers fins sous l'influence des courants de fond
  - IV.3. LITS DURS ET ROCHERS
    - IV.3.1. Biocénose coralligène
    - IV.3.2. Grottes semi-obscurées (également enclavées dans étages supérieurs)
      - IV.3.2.1. Faciès avec *Parazoanthus axinellæ*
      - IV.3.2.2. Faciès avec *Corallium rubrum*
      - IV.3.2.3. Faciès avec *Leptosammia pruvoti*
    - IV.3.3. Biocénose de rochers d'accore
- V. BATHYAL
  - V.1. VASES
    - V.1.1. Biocénose de vases bathyales
      - V.1.1.1. Faciès de vases sableuses avec *Thenea muricata*

- V.1.1.2. Faciès de vases fluides avec *Brissopsis lyrifera*
- V.1.1.3. Faciès vases meubles avec *Funiculina quadrangularis* et *Apporhais seressianus*
- V.1.1.4. Faciès de vases compactes avec *Isidella elongata*
- V.1.1.5. Faciès avec *Pheronema grayi*
- V.2. SABLES
- V.2.1. Biocénose de sables détritiques bathyaux avec *Grypheus vitreus*
- V.3. LITS DURS ET ROCHERS
- V.3.1. Biocénose de coraux des eaux profondes
- V.3.2. Grottes et conduits dans l'obscurité totale (enclavés dans les étages supérieurs)
- VI. ABYSSAL
- VI.1. VASES
- VI.1.1. Biocénose de vases abyssales

317. Cette liste, datant de 2002, n'est pas exhaustive en ce qui concerne les mers libres et les mers profondes. Cependant, c'est la seule adoptée jusqu'ici pour la région de la Méditerranée par les Parties au Protocole PAS/DB.

### **3.5 Pressions et impacts**

#### **3.5.1 Contamination par des substances dangereuses**

318. Le bassin nord-ouest de la Méditerranée est touché par des activités humaines intenses qui peuvent engendrer une contamination chimique, une dégradation et un risque de préjudice grave dans les aires marines et côtières (AEE, 1999). La côte est particulièrement affectée en raison du trafic maritime, de l'absence de marée, de l'importance des routes maritimes et des industries liées au pétrole présentes tout autour du bassin. L'urbanisation a connu une croissance importante, en particulier le long de la bande littorale, pour desservir les populations permanentes et temporaires, avec des modifications de la qualité de l'environnement.

319. Les pays industriels très développés au nord sont surtout touchés avec un contraste frappant avec les aires non-urbanisées des rives sud. À l'avenir, les aires côtières devraient être confrontées à une pression encore plus forte et une approche pluridisciplinaire devrait être adoptée dans les études sur la répartition et les flux des contaminants chimiques, car le comportement et le devenir des composés d'origine anthropogénique sont influencés par la dynamique des cycles biogéochimiques majeurs (Cossa *et al.* 2009). L'évaluation de plans et rapports nationaux sur les « points névralgiques » et l'identification des sources de pollution permettent de comprendre la nature et les niveaux de contamination chimique le long des côtes du bassin occidental de la Méditerranée.

320. Bien que les contaminants se trouvent habituellement dans les eaux côtières, ils pourraient aussi être détectés dans certaines aires du plateau continental et certains canyons adjacents. Cela est particulièrement important dans le nord-ouest de la Méditerranée où le plateau continental est très étroit et le nombre de canyons côtiers importants. Cependant, ce type de pollution n'est pas encore bien étudié. Sur une échelle mondiale et dans le contexte de la gestion et de la protection de la qualité environnementale des apports terrestres, il est nécessaire de prendre en compte les différents compartiments d'une bande côtière-bassin-versant, des canyons et de la pente continentale-plaine abyssale et les caractéristiques de l'environnement des eaux profondes. Les décharges occasionnelles lors des inondations peuvent jouer un rôle important dans le transport de sédiments vers le plateau continental et via les canyons vers les plaines des eaux profondes (Bourrin *et al.*, 2008). Par ailleurs, les déchets solides industriels (comme les résidus de boue rouge issus de la fabrication d'aluminium) sont déposés sur le plateau continental (Galgani *et al.*, 2006 ; Dauvin, 2010) et peuvent être également transportés, avec d'autres dépôts sédimentaires, vers des aires marines plus profondes par les courants de turbidité. Le long des lits des cours d'eau profonds (Var, Rhône, Èbre), qui couvrent parfois de longues distances de plusieurs dizaines de kilomètres (Mulder *et al.*, 2003) des flux hyperpycniaux transportent des particules vers le fond. Ces flux sont caractérisés par une augmentation soudaine de la vitesse du courant et les flux de particules vers le fond peuvent atteindre jusqu'à 600 g de particules/m<sup>2</sup>/j et 3,1 g/m<sup>2</sup>/jen termes de carbone organique. Les canyons sont actifs pour le transport des matières et l'apport de matières organiques et probablement de contaminants dans les eaux profondes (Khrifounoff *et al.*, 2009). Ces courants de turbidité violents sont communs dans le bassin occidental en raison des plateaux adjacents réduits qui facilitent l'apport et le transport des sédiments. Par exemple, des augmentations significatives des niveaux de métaux

en traces ont été détectées dans les carottes de sédiments dans le canyon supérieur de Blanes (Palanques *et al.*, 2008). L'enrichissement métallique survenu au XX<sup>e</sup> siècle correspond aux périodes où la population et les activités industrielles ont augmenté dans la région adjacente. Plus bas dans le canyon, à 1 370 m, aucun enrichissement métallique n'a été détecté, probablement en raison de la dispersion des particules et de la dilution avec des sédiments non-contaminés. Cependant, des études sur les sédiments des eaux profondes montrent que dans certaines aires de la Méditerranée, la contamination ne touche pas seulement le plateau côtier et continental, mais aussi le côté des sédiments de la pente continentale transportés par les canyons sous-marins. Sur la plaine bathyale, les signatures isotopiques des décharges industrielles ont indiqué le transport des contaminants en direction de la circulation générale sur des distances de plusieurs centaines de miles.

### **Polluants localisés**

321. Pour l'Italie (PNUE/PAM, NDA Italie, 2005), même avec des objectifs de réduction de presque l'ensemble des apports d'ici 2005 et de fermeture des décharges, les sources les plus régulières restent liées à l'industrie et à l'urbanisation à Gènes, La Spezia, Livourne-Rosignano, Piombino, Bagnoli-Naples et Palerme. Les sources sont variées, mais elles sont toujours responsables des apports des principaux polluants (métaux, hydrocarbures, PCB et insecticides). Dans certaines régions, certains polluants sont plus spécifiques comme les métaux dans le sud-ouest de la Sardaigne, les hydrocarbures et les nutriments à Porto Torres, le chrome à Cogoleto Stopani (Gènes) ou les oxydes d'azote à Piombino. De même, les cours d'eau italiens du bassin occidental (Arno, Tibre, Salento) sont décrits comme des sources de matières organiques, mais aussi de polluants. Les aires nationales sensibles sont également affectées bien que la plupart soit liée aux eaux de transition.

322. Comme la principauté de Monaco a développé une gestion rationnelle des déchets et a rétabli le traitement industriel et des eaux usées avec des processus spécifiques, ce n'est pas une zone très touchée par la pollution (PNUE/PAM, NAP Monaco, 2005).

323. Dans le cas de la France (PNUE/PAM, NAP France, 2006), des sources définies de pollution et des « points névralgiques » sont principalement situés sur la côte sud-est de la Méditerranée française. Cela englobe les villes de Marseille et Fos (déchets municipaux, apports industriels et activité portuaire), Toulon (port militaire et commercial) et, dans une moindre mesure, la région de Cannes-Nice (zone très urbanisée, industrie légère, marinas). Des sources de contaminants spécifiques comme les déchets industriels de Gardanne se retrouvent au fond des canyons comme, dans une moindre mesure, les résidus d'amiante déversés par le passé dans la partie ouest du Cap Corse (Galgani *et al.*, 2006). Le Rhône et des petits cours d'eau comme le Var et Argens (Fréjus) présentent des apports importants de contaminants. Enfin, les zones de haute sensibilité concernent également les eaux de transition comme de nombreuses lagunes côtières, mais aussi des frayères dans le golfe du Lion.

324. L'Espagne a identifié 7 aires prioritaires en termes de pollution et deux lieux sensibles dans le bassin occidental (PNUE/PAM, NAP Espagne, 2005). Il s'agit du port de Barcelone et du Llobregat en Catalogne, la zone côtière de Tarragone-Vila-seca, la région de Castellon, Carthagène-vallée d'Escombreras (activités portuaires, exploitation minière), Carboneras-Villaricos (province d'Almeria, usine de dessalement, effluents industriels et urbains), la région de Motril (mines de fer) et la baie d'Algésiras (industries pétrochimiques). Les aires sensibles sont représentées par la lagune de Mar Menor et l'estuaire de l'Èbre, ce dernier étant le plus constant en termes de contributions à la pollution du littoral.

325. Au Maroc, avec une population réduite, une faible pluviométrie moyenne (300 à 500 mm/an), 14 oueds avec seulement 2 zones côtières touchées de plus de 1 000 km<sup>2</sup>, les sources de pollution marine sont limitées aux zones urbaines (Tanger-Tétouan, Al Hoceima, Nador/Melilla) et industrielles (Tanger-Tétouan, Nador, Oujda). Les pâtes chimiques et à papier dans l'ouest et l'industrie sidérurgique et alimentaire dans l'est sont les principales sources de métaux lourds. Les rejets d'eaux usées sont les principales sources de pollution de l'eau, également via les oueds côtiers (oueds Moghgha, Martil, Lihoudi) enrichis en nickel, arsenic, chrome et mercure. Les villes possèdent seulement une infrastructure basique et un traitement réduit (Nador, Al Hoceima) et les eaux usées et pluviales sont rejetées directement dans le milieu marin. Là, le développement de l'agriculture intensive et la lutte antiparasitaire favorisent la consommation de quantités importantes de pesticides. Les vieux stocks de pesticides sont limités à quelques tonnes à l'ouest. Ces dernières années, les

plages marocaines ont été fréquentées par les touristes. Du fait de la proximité avec le détroit de Gibraltar et de cours d'eau voisins, le transport maritime peut avoir des impacts significatifs sur la côte et ses ressources dont des risques liés au transport de matières dangereuses et aux déversements de pétrole. La ville de Tanger et ses activités industrielles sont une source majeure de polluants qui peuvent affecter le bassin occidental. L'élimination des vieux stocks de pesticides, l'amélioration du contrôle des niveaux de pollution, le programme rationalisé pour le traitement des effluents et la récente collecte des huiles usagées sont les principales actions en cours pour améliorer la qualité des eaux littorales (Lahbabi et Anouar, 2005).

326. Les informations détaillées concernant le Maroc révèlent un programme de surveillance intensif et ne suggèrent pas que la charge de pollution est plus importante au Maroc que dans d'autres pays de cette sous-région. Le suivi à long terme démontre que les rejets en Méditerranée sont généralement de nature domestique, présentant d'importantes charges organiques, par opposition à des contaminations par des organochlorés ou des métaux lourds. Cela semble être le cas dans toute la partie sud de la sous-région méditerranéenne occidentale.

327. En Algérie (PNUE/PAM, NDA Algérie, 2003), les zones côtières les plus touchées par la pollution de l'eau et les débris sont celles qui sont adjacentes aux villes principales (Alger, Oran, Annaba) ou à proximité de grands ports industriels (Ghazaouet, Mostaganem, Arzew, Bejaia, Skikda). Ces régions sont touchées par plusieurs sources de pollution dont : les rejets avec pollution organique (Alger, Annaba, Oran, Mostaganem, Skikda), les produits chimiques des terminaux et raffineries pétroliers près des ports industriels (métaux, hydrocarbures, composés azotés, cyanures, pesticides et détergents), les rejets des centrales électriques (Marsat, El Hadjadj, Alger, Cap Djinet) et le ruissellement agricole (plaine centrale et Annaba). Les eaux usées non-traitées et les déchets solides, industriels et domestiques, sont un problème particulier dans les zones littorales métropolitaines et dans les oueds adjacents.

328. Avec ses apports urbains, les activités industrielles et pétrochimiques liées et soutenues par un réseau fluvial important (oueds Medjerda, Meliane, Elbey, Bézirk, El Abid), la baie de Tunis est la zone la plus touchée dans le nord de la Tunisie (Baouendi, 2005) et subit une forte pression anthropogénique (Sammari, 2010). Cette structure hétérogène (lagunes, baies, estuaires) et, dans une moindre mesure, la lagune de Bizerte restent des sources potentielles de contaminants.

329. Le dépôt atmosphérique est une voie d'entrée principale pour les apports anthropogéniques des métaux en traces accumulés dans les sédiments récents en provenance de la mer, tandis que l'advection latérale, les courants et les flux de gravité des sédiments refléteraient les concentrations préindustrielles des métaux (Martin *et al.*, 2009). De même, le comportement géochimique peut être très différent, alors que Pb et Cu restent dans les sédiments, Zn est cité. Dans les zones côtières, les apports atmosphériques sont en grande partie remplacés par des dépôts fluviaux lorsqu'ils sont présents (Roussiez *et al.*, 2006). Étant donnée l'importance particulière du transport atmosphérique de l'échange et de la circulation air-eau, les eaux du large sont également une source de préoccupation pour la contamination chimique, en particulier via les processus de transfert trophique et de bioaccumulation. Les connaissances sur les concentrations, le flux et le comportement de sortie dans l'eau et les sédiments et les impacts toxicologiques sur les écosystèmes sont très variables selon les groupes de contaminants étudiés. Pour de nombreux pays, aucune information détaillée n'est disponible sur les quantités de substances dangereuses provenant de sources ponctuelles (industrie et centres urbains). En général, on manque de données adaptées. Par exemple, l'équilibre général de mercure en Méditerranée a été évalué par Rajar *et al.* (2008) avec un apport depuis le fond de 120 kmol/an. Cela inclut les apports directs des mouvements tectoniques et le dégorgeement naturel du mercure. La distinction entre ces deux sources est difficile. Les contributions liées aux sources tectoniques sont importantes dans les sources volcaniques et géothermiques près du sud de la mer Tyrrhénienne. Ces contributions expliquent les niveaux naturels importants dans certaines îles du bassin. La présence de mines situées en amont des rivières ou ruisseaux dans le bassin (le mont Amiata, Toscane) peut expliquer les flux vers la mer qui peuvent être évalués sur l'ensemble de la Méditerranée à 610 kmol/an par rapport à 4 kmol/an pour d'autres sources (PNUE/PAM, 1996).

330. Une quantité importante d'informations existe sur la répartition des produits chimiques, provenant à la fois de projets de recherche et de suivi. Cependant, les données sont souvent disponibles à partir d'études locales, donnant lieu à des lacunes importantes au niveau de la couverture géographique et/ou des contaminants émergents comme les dioxines, les alkylphénols. En outre, le manque de méthodes standardisées dans ces études rend difficile la comparaison et

l'utilisation des données issues de différentes sources dans une évaluation régionale afin de tirer des conclusions sur les tendances spatiales et temporelles.

331. Le dépôt de métaux en traces est dominé par des apports atmosphériques (Migon *et al.*, 2005) caractérisés par une signature d'origine européenne naturelle et anthropogénique. En Méditerranée, les signatures de la poussière saharienne recouvrent cette signature de fond naturelle. La variabilité spatiale du dépôt atmosphérique semble cependant faible, malgré la variabilité des conditions météorologiques et climatiques (pluviométrie, vitesse du vent, efficacité du scan des aérosols). L'influence des principaux cours d'eau est supérieure dans les régions côtières et la source principale de particules de métaux sur certains plateaux continentaux.

332. Dans le nord-ouest du bassin, les apports importants de métaux peuvent être liés aux inondations et aux catastrophes naturelles (jusqu'à 80 % des contributions dans certaines aires côtières). On sait peu de choses sur l'absorption des contaminants dans les premiers niveaux trophiques (plancton et benthos) et sur leur comportement au cours des cycles. Les bactéries semblent jouer un rôle important dans la bioaccumulation et l'enrichissement en métaux du premier niveau trophique, à la fois pélagique et benthique. La saisonnalité des efflorescences de phytoplancton est responsable des grandes variations des concentrations de métaux et, par conséquent, des profils verticaux des nutriments. En cas de concentrations de métaux élevées, leur assimilation par les organismes peut être limitée par leur solubilité ou leur toxicité.

333. Le transfert des métaux en traces dans la chaîne alimentaire vers les organismes marins supérieurs a été démontré, y compris pour les dauphins et les baleines. Les concentrations des métaux en traces dans les estomacs des baleines suggèrent que la source alimentaire est responsable d'une grande proportion de contamination au métal. Pendant les années 1970, plusieurs articles ont mis en évidence les niveaux élevés de mercure chez les poissons méditerranéens. Des travaux plus récents ont confirmé l'accumulation de méthylmercure chez le merlu dans le golfe du Lion, liée en partie à la bioaccumulation provenant de la chaîne alimentaire, en particulier du phytoplancton et du bactérioplancton (Harmelin-Vivien *et al.*, <http://www.ifremer.fr/medicis/EN/projets/merlumed.html>). Des concentrations de 0,1 à 1,4 mg Hg/kg avec un maximum de 4 mg/kg ont été évaluées chez le requin et le thon (PNUE/PAM, 1996 ; Storelli *et al.*, 2006).

334. Dans l'ensemble, le transfert trophique pourrait représenter un export de 1 à 2 millions de tonnes par an. La production d'engrais représente la principale source de plomb et de mercure, tandis que l'industrie du ciment, l'énergie et la transformation des métaux produisent des émissions de mercure. Le chrome dans l'eau est principalement rejeté par les raffineries de pétrole, suivi par l'industrie des engrais et les produits liés au bronzage. Enfin, les émissions atmosphériques de nickel proviennent des centrales électriques. Dans le cas des ports, l'analyse des carottes de sédiments a clairement démontré l'origine récente des sédiments (Di Leonardi *et al.*, 2009).

335. Les données sur les contaminants issues du programme de surveillance MEDPOL révèlent que les concentrations médianes de métaux dans les sédiments côtiers de la Méditerranée occidentale sont : Cd 1,60 µg/g, HgT 0,16 µg/g et Pb 19,4 µg/g (Tableau 3.5). Cependant, des concentrations en métaux accrues ont été détectées dans les sédiments à proximité des villes côtières et des activités industrielles. Sur la côte algérienne, les concentrations de mercure dans les sédiments allaient de 0,12 µg/g à un maximum de 1,21 µg/g à l'embouchure de l'oued El Harrash et les concentrations de Pb de 20,8 à 44,52 µg/g (MATET-ONEDD-JICA, 2007). Les concentrations de cadmium et de cuivre dans les sédiments côtiers du Maroc allaient de 0,2 à 7,6 µg/g et de 7,6 à 107,0 µg/g, tandis que le Pb restait faible (2,3 à 37,3 µg/g). Sur la côte nord, les données françaises indiquent une teneur en métal faible des sédiments côtiers (Cd 0,05 µg/g, HgT 0,01 à 0,29 µg/g, Pb 6 à 46 µg/g) (base de données MEDPOL, 2011), mais des concentrations de métal accrues ont été enregistrées dans les sédiments à proximité des plus grandes villes, comme Naples (Pb 52 à 896 µg/g et Hg < 0,01 à 9,27 µg/g, Romano *et al.*, 2004) et Marseille (Cd 0,01 à 7,65 µg/g, Hg < 0,01 à 8,90 µg/g, Sauzade *et al.*, 2007).

Tableau 3.5 : Médianes et plages de concentrations des métaux en traces dans les sédiments et les moules de la Méditerranée occidentale ( $\mu\text{g/g p.s.}$ ) selon la base de données MED POL

	Cd Médiane (plage)	HgT Médiane (plage)	Pb Médiane (plage)	Zn Médiane (plage)	Cu Médiane (plage)
Sédiments	1,60 0,23-7,61	0,16 0,02-12,6	19,4 0,24-256	50,1 1,0-7,32	13,95 0,68-107
Moules	0,65 0,01-10,0	0,13 0,01-7,4	2,10 0,01-79,1	130 0,01-5 337	6,40 0,05-114

336. Les niveaux moyens restent élevés également sur les îles (nord de la Sardaigne et Sicile), mais ils sont probablement associés à un fond naturel tectonique. Le plomb est principalement situé en Italie, en particulier dans les régions autour du Latium et du golfe de Gènes. Les niveaux de cuivre sont très importants le long de la côte italienne de la Sardaigne, tandis que le zinc est situé à Naples, Palerme et, dans une moindre mesure, dans le golfe de Gènes. Une différence significative a été observée pour le mercure entre la partie est du bassin nord-ouest, le long de la côte italienne, avec des concentrations faibles et celles trouvées dans la partie ouest le long de l'Espagne (PNUE/PAM — MED POL, 2009). El Portús en Espagne, près d'une région industrielle et minière majeure, est caractérisé par des niveaux élevés de plomb, mercure et cadmium (Pb 1 8377 à 7 265  $\mu\text{g/g}$ , Cd 0,3 à 17,5  $\mu\text{g/g}$ , Martínez-Sánchez *et al.*, 2008). Portoscuso, en Sardaigne est également une zone à risques pour l'environnement (Pb 45  $\mu\text{g/g}$  et Cd 3,56  $\mu\text{g/g}$ , Schintu *et al.*, 2009)

337. Le site d'El Portus, près du point névralgique de Carthagène (PNUE, 2003), est sous l'influence d'une base navale, d'un complexe industriel et de l'ancienne mine de Portman. Trois sites peuvent être affectés par les métaux sur la côte espagnole en plus de la région de Carthagène, dont l'embouchure du Llobregat (Pb 113  $\mu\text{g/g}$ , Cr 263  $\mu\text{g/g}$ , Palanques *et al.*, 2008), responsable des apports de plomb et de chrome dans la région de Barcelone, la baie d'Algésiras avec des concentrations de cadmium pouvant atteindre 0,28  $\mu\text{g/g}$  (Diaz *et al.*, 2011) et la baie de Valence affectée par le nickel, cependant des rapports précédents suggérant que ces niveaux étaient significatifs (Palanques *et al.*, 2008) ont été contestés.

338. Les concentrations de métal dans le biote marin ont été mesurées dans le cadre du programme de surveillance coordonné du MED POL, ainsi que dans les programmes de surveillance nationaux et les projets de recherche financés nationalement et internationalement. La moule (*Mytilus galloprovincialis*) a été utilisée comme organisme sentinelle dans de nombreux programmes et une liste indicative de données est présentée dans le Tableau 3.6.

Tableau 3.6 : Métaux en traces chez les moules (*Mytilus galloprovincialis*) transplantées et apparaissant naturellement dans le bassin nord-ouest de la Méditerranée (mg/kg poids sec)

	PB	CD	CU	CR	Hg	Ni	Zn	
<b>Populations naturelles</b>								
Îles Baléares	0,8-6,7	0,14-1,59	5,9-58,3	0,7-14,8	0,13-2,21	0,7-35,2	48,9-316,7	Gomes-Giuterrez <i>et al.</i> , 2008
Sud de l'Espagne	0,5-12,2	0,2-12,5	2,6-11,85	-	0,05-1,80	-	86-423	Benedicto <i>et al.</i> , 2008
Espagne indigène (moyenne)	7,59	0,99	-	-	0,19	-	-	PNUE, 2007
France indigène	0,1-34,6	0,03-2,62	2,3-29,6	0,30-3,38	0,02-1,24	-	123,3 (moyenne)	www.ifremer.fr
France indigène (moyenne)	2,14	0,88	7,97	-	0,14	-	105,5	Base de données MED POL
Corse (10)	0,9-1,2	0,89-1,23	-	-	0,07-1,1	0,6 — 1	-	Andral <i>et al.</i> , 2010
Maroc (Perna perna) (2)	-	< 1	-	-	0,05-3,6	-	180-390	Benaoui <i>et al.</i> , 2004
Tunisie indigène (moyenne)	0,95	0,33	-	-	0,22	-	-	Base de données MED POL
Naples/Bagnoli	21-1 288	0,01-4,70	6-165	4-43	0,01-2,90	3,4-181,3	111-2 525	Romano <i>et al.</i> , 2008
Italie	1,47-3,9	0,66-2,43	6,6-16,40	-	0,3-0,47	-	90,13-234	Corsi <i>et al.</i> , 2002
Italie indigène (moyenne)	3,56	0,88	12,51	-	0,30	-	159,5	Base de données MED POL
<b>Moules en cages transplantées</b>								
Mer d'Alboran en cage	0,6-6,29	1,10-2,11	-	-	0,06-0,15	0,636-2,72	-	Andral <i>et al.</i> , 2010
Mer Tyrrhénienne en cage	0,66-3,06	0,86-2,05	-	-	0,07-0,22	0,123-3,20	-	Andral <i>et al.</i> , 2010
Nord-ouest en cage	0,69-2,79	0,94-1,97	-	-	0,07-1,23	0,63-1,85	-	Andral <i>et al.</i> , 2010
Sardinia transplantées	0,07-0,33	1,07-2,01	-	-	0,07-0,33	0,6-1,1	-	Andral <i>et al.</i> , 2010
Nord de la Tunisie transplantées (7)	1-1,3	1,28-2,48	-	-	0,1-0,14	1,4-3,4	-	Andral <i>et al.</i> , 2010
Algérie transplantées (8)	0,8-1,5	0,87-1,97	-	-	0,08-0,14	0,6-3,1	-	Andral <i>et al.</i> , 2010
Maroc transplantées (4)	0,6-1,6	1,05-1,42	-	-	0,04-0,08	0,7-2,7	-	Andral <i>et al.</i> , 2010
Sicile transplantées (11)	0,9-1,2	1,33-2,89	-	-	0,10-0,23	1,1-1,4	-	Andral <i>et al.</i> , 2010

339. Les niveaux de cadmium et de mercure sont élevés chez *Posidonia oceanica* (Sanchiz *et al.*, 2000). En Tunisie, le golfe de Tunis est le plus touché par les métaux en raison des flux provenant de la ville, des échanges avec la lagune, de la Medjerda et de ses apports atmosphériques. En Algérie, les rejets sont responsables des principaux apports. Les niveaux maximum de Hg et Ni sont à Skikda, Annaba, Oran et Alger et on trouve du mercure à Alger comme décrit précédemment (Taleb *et al.*, 2007 ; Soualili, 2008). La répartition du mercure dans les moules transplantées (*Mytilus galloprovincialis*) dans les régions côtières de la Méditerranée occidentale est présentée dans la Figure 3.8. (Andral *et al.*, 2008)



Figure 3.8 : Niveaux de mercure chez *Mytilus galloprovincialis* transplantées dans le bassin occidental de la Méditerranée (selon Andral *et al.*, 2010)

340. Sur la côte marocaine, l'importance du plomb a été confirmée à Nador (Benaoui *et al.*, 2004). Sur la côte française, l'Huveaune (Pb et Hg) est considéré comme une source de pollution majeure dans le golfe de Marseille (Sauzade *et al.*, 2007). De même, l'ancienne usine d'amiante située dans l'ouest du Cap Corse est responsable des entrées de contaminants associés aux métaux comme le chrome, le cobalt ou le nickel (Galgani *et al.*, 2006 ; Lafabrie *et al.*, 2009).

341. À côté de Portoscuso, Palerme, Gènes et Livourne-Cornigliano-Rosignano sont les sites les plus touchés de la côte italienne dans le bassin nord-ouest par les métaux, dont le cadmium et le nickel (Tranchina *et al.*, 2008 ; Lafabrie *et al.*, 2007). En plus de ces sites, Zinola, Oristano (Cucco *et al.*, 2006 ; Magni *et al.*, 2006), Piombino (Bocchetti *et al.*, 2008) ont montré des concentrations importantes de métaux dans divers organismes.

342. Les rivières et ruisseaux favorisent les apports de métaux. Le Tibre, le Rhône (Pb 0,08 à 2,09 nmol/l, Olivier *et al.*, 2011), l'Èbre et des cours d'eau plus petits comme le Gapeau (France) et la région de Zhor sont responsables d'apports d'origine industrielle (Andral *et al.*, 2004) ou naturelle (Bouzenoune et Remoum, 2008). Le ruissellement des zones urbaines polluées peut également avoir des impacts majeurs sur la géochimie environnementale de certaines zones côtières comme Portman (Marín-Guirao *et al.*, 2005 ; Benedicto *et al.*, 2008). Dans ces régions, la remise en suspension est possible pendant les tempêtes en plus du déchargement naturel des sols et d'autres origines géochimiques. Dans le cas des îles (Baléares, Palmarola, Éoliennes), les apports naturellement associés aux substrats géologiques semblent être la source la plus probable de métaux en traces.

343. Les données disponibles indiquent que les contaminants organiques ne sont pas uniformément répartis à travers la sous-région. Par exemple, les concentrations de DDT total dans les sédiments vont de < 0,25 à 885 ng/g et de 1,3 à 7 274 ng/g pour les PCB, des niveaux élevés correspondant aux zones de « points névralgiques » près des eaux usées des égouts des principales villes et à l'embouchure des fleuves (comme le Rhône). Des niveaux atteignant 400 mg/g de poids frais de DDT et 1 400 mg/g poids humide de PCB ont été détectés dans la graisse des mammifères marins (dauphins), bien plus que les données équivalentes en Atlantique. Certaines régions géographiques sont dans des situations préoccupantes. Il s'agit notamment des estuaires (Rhône, Èbre), des baies et des golfes (Fos, Alger et Tunis, Gènes, Naples, Algésiras) et des zones concernées par les décharges.

344. Les points névralgiques identifiés pour les concentrations de PCB (Giuterrez *et al.*, 2007) révèlent que les concentrations les plus élevées se trouvent dans les zones portuaires avec des valeurs moyennes d'arochlore équivalentes à 191 ng/g dans les environs, < 40 ng/g dans les autres zones côtières et moins de 2 ng/g dans les eaux libres. Cela est dû aux échanges en eau limités et aux activités urbaines et industrielles intenses. Les rejets directs, le ruissellement (Tolosa *et al.*, 1995) ou le dépôt de dragage (Alzieu, 2000) sont localement très importants. Par conséquent, les concentrations trouvées dans les bassins-versants des villes et les cours d'eau sont supérieures aux niveaux détectés dans les plateaux continentaux.

345. Les polluants organiques persistants (POP) sont un problème à proximité des sites industriels et urbains, comme dans les principales embouchures de cours d'eau méditerranéens. Les ports d'Imperia, Viareggio, Piombino, les zones urbaines de Marseille, Toulon, Barcelone, Gênes et Nice et les pro-deltas sous l'influence du Rhône et de l'Èbre sont touchés par des pesticides POP et en particulier de la famille des DDT avec les risques associés (SIDIMAR, 2005 ; Giutierrez *et al.*, 2007). À partir de la base de données du PNUE/PAM, MED POL, il a été montré que les concentrations d'aldrine, de dieldrine, d'endrine, d'hexachlorobenzène, de lindane, telles que mesurées chez la moule sauvage *Mytilus galloprovincialis*, sont faibles dans le bassin nord-ouest. Les concentrations de DDT sont supérieures, en particulier les produits de dégradation comme p, p'-DDE (Figure 3.9).

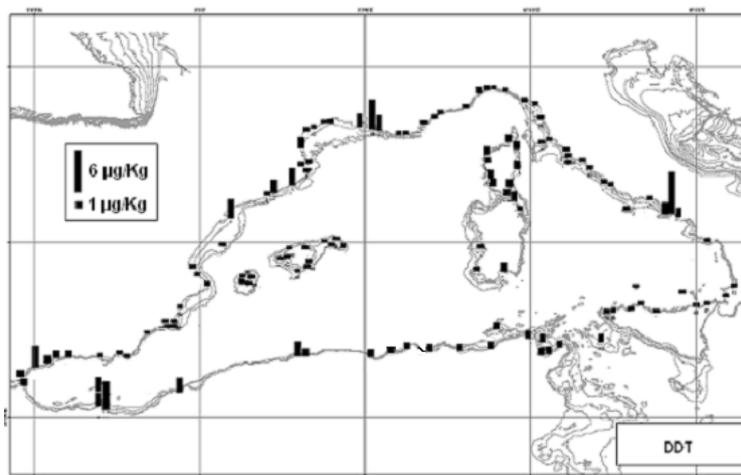


Figure 3.9 : Niveaux de DDT chez *Mytilus galloprovincialis* transplantées dans le bassin occidental de la Méditerranée (selon Scarpato *et al.*, 2010)

346. Une analyse des dioxines chez les moules *Mytilus galloprovincialis* dans 33 stations de l'ensemble du bassin occidental (Andral *et al.*, 2004) montre que les plus grandes valeurs ont été enregistrées à Marseille (2,66 ng/kg) avec des apports significatifs (Figure 3.9). À l'échelle du bassin, la répartition des dioxines était similaire à celle des PCB, avec des valeurs supérieures à Barcelone, la Maddalena (Sardaigne), Alger et Naples, mais aussi à Toulon (Munsch *et al.*, 2008 ; Andral *et al.*, 2008), tandis que la Corse et le nord de l'Afrique étaient les régions avec les concentrations les plus faibles (Figure 3.10).



Figure 3.10 : Niveaux d'indicateurs  $\Sigma$  7 PCB (ng/g p.s.) chez *Mytilus galloprovincialis* transplantées dans le bassin occidental de la Méditerranée (selon Andral *et al.*, 2010)

347. La Méditerranée occidentale a été décrite comme également touchée par la contamination aux HAP, en particulier dans les sédiments (Mille *et al.*, 2007 ; Martínez-Lladó *et al.*, 2007), l'eau (Bouloubassi *et al.*, 2006), les organismes marins (Piccardo *et al.*, 2001 ; Andral *et al.*, 2004 ; Galgani *et al.*, 2010) et par la mesure des effets biologiques (Burgeot *et al.*, 1996 ; Minier *et al.*, 2006 ; Box *et al.*, 2007 ; Martínez-Gómez *et al.*, 2008) (Figure 3.11).

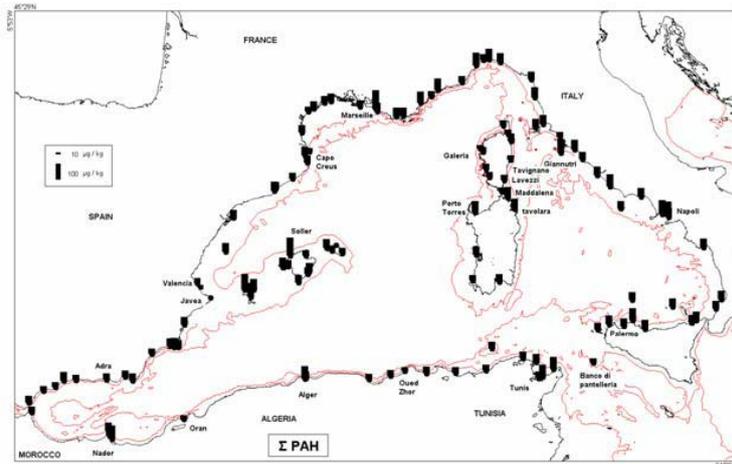


Figure 3.11 : Niveaux de HAP chez *Mytilus galloprovincialis* transplantées dans le bassin occidental de la Méditerranée (selon Galgani *et al.*, 2010)

348. Ces contributions sont liées aux augmentations en particules associées au ruissellement, à la remise en suspension des sédiments et à la saisonnalité de l'utilisation des produits agrochimiques. L'analyse des concentrations de PCB total ou des données de BC 153 au PNUE/PAM — MED POL révèle un nombre inférieur de données sur les organismes marins de la rive sud. Dans le bassin nord, les niveaux de base sont élevés et les sites les plus touchés sont les régions de Barcelone, Marseille (jusqu'à 1 500 ng/g poids humide) et la baie de Gènes.

349. La pertinence des analyses sédimentaires pour l'évaluation des HAP est importante car elles durent pendant de longues périodes. En contrepartie, comme les poissons métabolisent les HAP, ils ne sont pas des indicateurs adéquats de l'impact de ces polluants et il est nécessaire d'utiliser des organismes benthiques pour évaluer l'accumulation et les effets.

350. Les congénères de PCB 31, 52, 156 et 180 sont présents à de faibles concentrations et dans les zones industrielles et urbaines. Les PCB 153 et 138 montrent des niveaux maximum d'accumulation le long de la côte française, en particulier à Marseille et son émissaire (respectivement 42,3 mg/kg et 27,6 mg/kg) et, dans une moindre mesure, à l'embouchure du Rhône (selon Scarpato *et al.*, 2010). Les concentrations sont également importantes le long de la côte italienne, à Naples (28,0 mg/kg et 19,0 mg/kg) et Bagnoli (16,0 et 12,0 mg/kg), en Sardaigne à la Maddalena (PCB 153 : 26,0 mg/kg, PCB 138 : 12,0 mg/kg), à l'embouchure du Llobregat (18,1 et 14,4 mg/kg) et à Barcelone (11,0 et 8,2 mg/kg). Dans le sud de la Méditerranée, des valeurs significatives pour les PCB 153 et 138 (20,5 et 14,1 mg/kg) ont été trouvées à Alger.

351. Des études sur le TBT dans le bassin occidental montrent que la contamination n'est cependant pas limitée aux zones portuaires, mais s'étend le long de la côte, en incluant les aires protégées où la contamination mesurée est de 7 ng/l (Michel *et al.*, 2001) et les eaux profondes comme indiqué sur un transect à travers le courant ligurien (Michel et Averty, 1999). En Corse (Michel *et al.*, 2001), la contamination était également élevée dans les eaux des marinas (53 à 189 ng/l) et presque comparable à celle des grands ports commerciaux comme Marseille, Nice ou Toulon (38 à 239 ng/l) ou des ports des côtes catalanes (7,4 à 60,5 ng/g). Dans les années 1980, des contaminations bien plus importantes étaient signalées, atteignant 3 600 ng/l dans les marinas situées dans le nord de la mer Tyrrhénienne (Bacci et Gaggi, 1989) et allant, en 1990, de 2 à 833 ng/l dans les ports et marinas français (Diez *et al.*, 2002) confirmant la baisse de la contamination, même avec des niveaux actuels excessifs (Antizar-Ladislao, 2008).

352. Une fois dégagé par les peintures antisalissure, le TBT est rapidement absorbé par les bactéries et algues ou absorbé par les particules en suspension dans l'eau (Luan *et al.*, 2006) et incorporé dans les tissus du zooplancton filtreur, des invertébrés qui se nourrissent et, ensuite, dans des organismes supérieurs où il s'accumule (Borghini et Porte, 2002). Dans des conditions favorables, le TBT peut se dégrader en quelques jours ou semaines par désalkylation successive pour produire du dibutylétain (DBT), du monobutylétain (MBT) et, en fin de compte, de l'étain organique, devenant progressivement moins toxique.

353. Les concentrations de BT dans les sédiments récents obtenues à partir de nombreuses stations côtières en Espagne ont démontré que les marinas et ports du nord de la Méditerranée étaient moins pollués que les sites échantillonnés au sud (port de Barcelone 4 487 ng/g ps), alors que des concentrations renforcées sont également trouvées dans des ports et marinas plus petits (port d'Almería 2 135 ng/g ps, port de St Carles 1 617 ng/g ps, marina de Masnou 920 ng/g ps) (Diez *et al.*, 2002). Des organoétains se sont également accumulés dans les organismes marins dans les zones portuaires (port de Barcelone 5 444 ng Sn/g ps chez *Mytilus galloprovincialis*, port de St Carles 123 ng Sn/g ps) (Morcillo *et al.*, 1996).

354. Avec l'amélioration et le développement des techniques analytiques, l'identification et la quantification d'un grand nombre de composés organiques non détectés auparavant dans le milieu marin ont fortement augmenté ces dernières années. Des molécules comme les PBDE, alkylphénols, nouveaux pesticides ou phénylurées, les médicaments ou produits pharmaceutiques vétérinaires, les bactéricides biocides et les phtalates ont été identifiées. Ces molécules pourraient être préoccupantes de par leur persistance, leur toxicité et leurs propriétés de bioaccumulation. Dans le cas de microcouches à la surface de l'eau, des concentrations atteignant 177 mg/l de phtalates ont été détectées en mer Tyrrhénienne (Cincinelli *et al.*, 2009).

355. Des agents de surface utilisés dans les processus industriels et les ménages seraient omniprésents, mais les données manquent sur leur présence en Méditerranée. Dans les villes méditerranéennes, les alkylsulfonates linéaires sont les principaux agents de surface utilisés (Blasco *et al.*, 2010). Des concentrations allant jusqu'à 50 µg/l ont été découvertes dans l'eau et 2 mg/kg dans les sédiments en Espagne. D'autres agents de surface ont été enregistrés dans les points névralgiques des côtes méditerranéennes espagnoles, dont les nonylphénols (NP) et les éthoxylates de nonylphénol (ENP).

356. Les produits pharmaceutiques sont également considérés comme des contaminants émergents dans l'environnement. L'activité des radionucléides (en particulier <sup>137</sup>Cs) dans la mer Noire et le nord de la mer Égée a été jusqu'à deux ordres de grandeur plus élevée que celle du bassin méditerranéen occidental où l'activité allait de 0,01 à 0,077 Bq/kg poids humide, l'Algérie étant moins touchée que les autres pays. Les données sur les métaux en traces pour les échantillons de *Mytilus galloprovincialis* recueillis dans 21 stations entre 1979 et 2006 dans le cadre du système de surveillance français (RNO, <http://www.ifremer.fr>) montrent clairement une diminution générale des concentrations sur cette période. En outre, l'analyse des concentrations de métaux dans les sédiments du golfe de Tunis (Cd, Pb, Hg, Cu, Zn, Fe) réalisée en 1999, 2003 et 2010 a démontré que les métaux restaient dans la même plage pour les 12 dernières années, sauf le cadmium qui a été divisé par plus de 10. La diminution du cadmium a également été observée chez *Mytilus galloprovincialis* dans des stations tunisiennes entre 2001 et 2008.

357. Une baisse des concentrations des contaminants organohalogénés persistants limités ou interdits comme les PCB et les PCDD/F dans les milieux environnementaux comme le biote ou les sédiments a été observée en Europe et à l'échelle mondiale (Gomara *et al.*, 2005) (voir, pour exemple, les concentrations de lindane dans la Figure 3.12). Cette tendance est liée à la restriction sévère ou à l'élimination progressive de ces composés et au contrôle plus efficace des émissions. Les données recueillies dans le cadre des programmes de surveillance nationaux indiquent une tendance à la baisse généralement observée des concentrations de produits chimiques dont l'utilisation a été interdite pendant des années (DDT, PCB, lindane, etc.), bien que, dans certains cas, les concentrations restent relativement élevées.

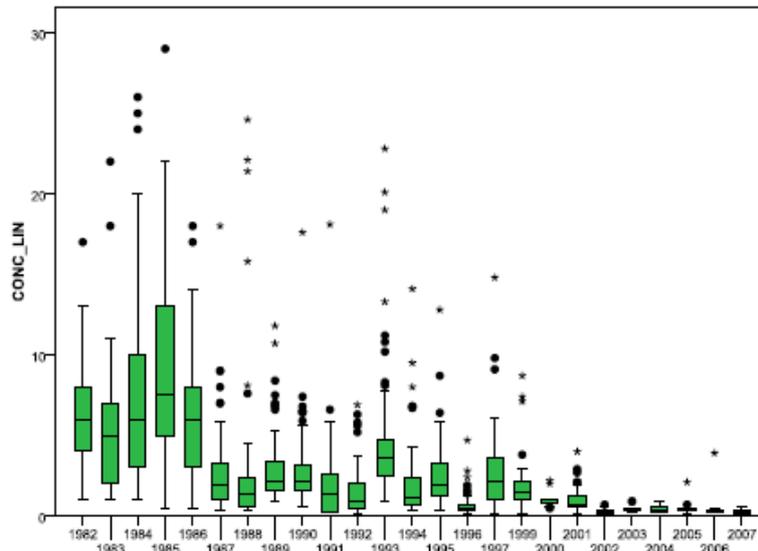


Figure 3.12. : Tendances temporelles du lindane (ng/g poids sec) chez *Mytilus galloprovincialis* d'après le réseau de surveillance français dans les stations méditerranéennes ([www.ifremer.fr](http://www.ifremer.fr))

358. Dans le nord du bassin, les concentrations de DDT total chez les moules *Mytilus galloprovincialis* ont diminué. Plus récemment, une analyse des concentrations de DDT dans les parties graisseuses des grands dauphins réalisée entre 1978 et 2002 à différents points sur la côte du bassin occidental a montré que les concentrations avaient été divisées par 23,7 au cours de cette période (Borrell et Aguilar, 2007). Des tendances similaires ont été observées pour les concentrations de HAP chez les moules du programme de surveillance national français.

359. Les pollutions liées à la navigation sont également une pression clé dans cette sous-région. Le nombre de chimiquiers et de porte-conteneurs augmente et l'augmentation de transits devrait être plus prononcée dans le secteur des pétroliers et du transport de marchandises. Les 20 premiers ports de Méditerranée représentent 37 % de l'ensemble des escales méditerranéennes et 43 % de la capacité en TPL, et, à quelques exceptions près, la plupart de ces ports se trouvent en Méditerranée occidentale. Cependant, les ports de pétrole brut qui représentent la majeure partie des pressions de décharge des eaux de ballast (avec pollution et rejet d'espèces non-indigènes) sont principalement présents en Méditerranée orientale et centrale.

360. Bien que les contaminants se trouvent habituellement dans les eaux côtières, ils pourraient aussi être détectés dans certaines aires du plateau continental et certains canyons adjacents. Cela est particulièrement important dans le nord-ouest de la Méditerranée où le plateau continental est très étroit et le nombre de canyons côtiers importants. Cependant, ce type de pollution n'est pas encore bien étudié.

361. Sur une échelle mondiale et dans le contexte de la gestion et de la protection de la qualité environnementale des apports terrestres, il est nécessaire de prendre en compte les différents compartiments d'une bande côtière-bassin-versant, des canyons et de la pente continentale-plaine abyssale et les caractéristiques de l'environnement des eaux profondes. Les décharges occasionnelles lors des inondations peuvent jouer un rôle important dans le transport de sédiments vers le plateau continental et via les canyons vers les plaines des eaux profondes (Bourrin *et al.*, 2008). Par ailleurs, les déchets solides industriels (comme les résidus de boue rouge issus de la fabrication d'aluminium) sont déposés sur le plateau continental (Galgani *et al.*, 2006 ; Dauvin, 2010) et peuvent être également transportés, avec d'autres dépôts sédimentaires, vers des aires marines plus profondes par les courants de turbidité.

362. Le long des lits des cours d'eau profonds (Var, Rhône, Èbre), qui couvrent parfois de longues distances de plusieurs dizaines de kilomètres (Mulder *et al.*, 2003) des flux hyperpycniaux transportent des particules vers le fond. Ces flux sont caractérisés par une augmentation soudaine de la vitesse du courant et les flux de particule vers le fond peuvent atteindre jusqu'à 600 g de particules/m<sup>2</sup>/j et 3,1 g/m<sup>2</sup>/jen termes de carbone organique. Les canyons sont actifs pour le transport des matières et

l'apport de matières organiques et probablement de contaminants dans les eaux profondes (Khripounoff *et al.*, 2009). Ces courants de turbidité violents sont communs dans le bassin occidental en raison des plateaux adjacents réduits qui facilitent l'apport et le transport des sédiments. Par exemple, des augmentations significatives des niveaux de métaux en traces ont été détectées dans les carottes de sédiments dans le canyon supérieur de Blanes (Palanques *et al.*, 2008). L'enrichissement métallique survenu au XX<sup>e</sup> siècle correspond aux périodes où la population et les activités industrielles ont augmenté dans la région adjacente. Plus bas dans le canyon, à 1 370 m, aucun enrichissement métallique n'a été détecté, probablement en raison de la dispersion des particules et de la dilution avec des sédiments non-contaminés. Cependant, des études sur les sédiments des eaux profondes montrent que, dans certaines aires de la Méditerranée, la contamination ne touche pas seulement le plateau côtier et continental, mais aussi le côté sédimentaire de la pente continentale transporté par les canyons sous-marins. Sur la plaine bathyale, les signatures isotopiques des décharges industrielles ont indiqué le transport des contaminants en direction de la circulation générale sur des distances de plusieurs centaines de miles.

363. La radioactivité anthropogénique est très faible dans la région. La répartition des radionucléides anthropogéniques dans le sud-ouest de la Méditerranée a été étudiée indiquant que les stocks accumulés de <sup>239</sup>240Pu, <sup>241</sup>Am, <sup>137</sup>Cs et <sup>90</sup>Sr étaient inférieurs à ceux trouvés dans le nord-ouest de la Méditerranée et également inférieur au dépôt des retombées mondiales dans ces latitudes (Lee *et al.*, 2006). Dans la partie sud de la Méditerranée occidentale, l'activité maximale a été découverte à 1 000 m dans le canal de Sicile et à 250 m le long des côtes algériennes. <sup>137</sup>Cs a augmenté d'ouest en est (1,69±0,11 à 3,3±0,2 Bq/m<sup>3</sup>, Nourredin *et al.*, 2006) et l'activité a diminué graduellement avec la profondeur.

364. L'accident nucléaire de Tchernobyl en avril 1986 fut le plus grand accident nucléaire jusqu'alors et a eu des impacts significatifs sur les milieux marins et terrestres. Pour la Méditerranée, la principale contribution de Tchernobyl fut le dépôt atmosphérique avec un dépôt estimé à 2,8 PBq de <sup>137</sup>Cs, principalement en mer Égée (Livingston *et al.*, 2000). Récemment (Thebault *et al.*, 2008), la première carte de répartition du <sup>137</sup>Cs a été publiée à l'échelle de l'ensemble de la Méditerranée et de la mer Noire. L'activité du <sup>137</sup>Cs en mer Noire et dans le nord de la mer Égée était jusqu'à deux ordres de grandeur supérieure à celle du bassin méditerranéen occidental, où l'activité allait de 0,01 à 0,77 Bq/kg poids humide, l'Algérie étant moins touchée que les autres pays (Tableau 3.7). Ces effets, loin de représenter une menace pour les populations humaines ou l'environnement, ont reflété une signature persistante des retombées de Tchernobyl dans cette région.

Tableau 3.7 :Activité du <sup>137</sup>Cs (Bq/kg poids humide) chez les moules *Mytilus galloprovincialis* du bassin occidental de la Méditerranée (selon Thebault *et al.*, 2008)

Pays	Nombre de stations	min	max
Algérie	7	0,007 (Oran)	0,011 (Annaba)
France	8	0,01 (Bonifacio)	0,03 (Faraman)
Italie	5	< 0,01	0,05
Maroc	4	0,016	0,040 (Nador) 0,077 (m)
Espagne	9	0,010	Malaga)

### Effets biologiques

365. Un certain nombre d'effets toxiques chez les mammifères marins, oiseaux, poissons et invertébrés ont été associés à l'exposition aux polluants chimiques. Les anomalies observées varient de modifications moléculaires à écosystémiques et d'altérations réversibles à permanentes. On pensait que ces effets avaient contribué aux impacts au niveau de la population, dont les problèmes de reproduction et les épidémies.

366. Les effets biologiques de la pollution sont des éléments d'importance majeure pour l'évaluation de la qualité environnementale. Les toxicités estimées pour les différentes catégories de sites échantillonnés ont révélé que les ports et les cours d'eau étaient les principales sources de POP, tandis que les lagunes côtières et les zones urbaines sont moins efficaces (Gomez-Gutierrez *et al.*, 2007).

367. Les effets de la pollution peuvent être mesurés à différents niveaux de l'organisation biologique, du niveau moléculaire au niveau communautaire. Les biomarqueurs sont cellulaires, biochimiques, moléculaires ou des modifications physiologiques mesurées dans les cellules, les fluides corporels, les tissus ou les organes d'un organisme et qui indiquent l'exposition aux xénobiotiques et/ou ses effets. La réponse des biomarqueurs va de la contamination générale à la contamination spécifique et est, la plupart du temps, utilisée comme un signal d'alarme précoce de la perturbation environnementale (Walker *et al.*, 2006). Un programme de biosurveillance pilote a été développé par le PNUE/PAM — MED POL et mis en œuvre à l'échelle méditerranéenne (PNUE-PAM, 2006 ; Viarengo *et al.*, 2007). Il suit une approche à deux niveaux : un niveau inclut un biomarqueur général (stabilité de la membrane lysosomale) et un deuxième niveau une batterie de 6 biomarqueurs de stress et d'exposition utilisant la moule (*Mytilus galloprovincialis*) comme organisme sentinelle. Plus récemment, la directive cadre européenne sur l'eau et la directive européenne sur la stratégie marine ont souligné l'importance de la surveillance biologique. En Méditerranée, comme ils sont omniprésents et faciles à collecter, les moules (*Mytilus galloprovincialis*) et les rougets (*Mullus barbatus*) sont les organismes sentinelles les plus utilisés dans les études de biosurveillance (Lionetto *et al.*, 2003, Minier *et al.*, 2006 ; Viarengo *et al.*, 2007 ; box *et al.*, 2007 ; Bocchetti *et al.*, 2008 ; Zorita *et al.*, 2008), mais certaines autres espèces comme les gobies (Corsi *et al.*, 2003) sont utiles dans les eaux très proches des côtes. Outre les biomarqueurs non-spécifiques aux niveaux cellulaire et moléculaire, la plupart des études ont été consacrées à des indicateurs comme l'éthoxyrésorufine-O-dééthylase (EROD), la métallothionéine et l'acétylcholinestérase respectivement liés à la présence de noyaux aromatiques (par exemple les HAP, dioxines, etc.), de métaux en traces et de composés organophosphorés ou carbamates. Quelques expériences ont été réalisées à l'échelle du bassin occidental (Burgeot *et al.*, 1996) et les données sur la côte du nord de l'Afrique sont rares (Banni *et al.*, 2007 et 2009), mais elles confirment les effets biologiques des contaminants dans le même schéma que pour la partie nord du bassin. La plupart des résultats ont démontré les effets des contaminants chez les moules autour des ports industriels et des grandes villes, mais également, et ce avec des données pertinentes, les difficultés à utiliser les poissons natifs comme sentinelles (Zorita *et al.*, 2008). Plus récemment, les biomarqueurs de stress oxydatif et des protéines liées à la résistance multixénobiotique ont été pris en compte, mais une surveillance à grande échelle a été recommandée de façon régulière uniquement pour la stabilité du lysosome et l'ACHE (Variengo *et al.*, 2007 ; Martínez-Gómez *et al.*, 2008 ; Fernández *et al.*, 2010)

368. Il existe un besoin évident d'intégration de surveillance chimique et de surveillance qui permettra une évaluation des réponses biologiques aux contaminants. Une telle approche intégrée devrait être considérée comme une composante importante de l'évaluation globale de l'état de santé du milieu marin.

369. Dans le cas de l'Espagne, par exemple, les activités de recherche de surveillance chimique ont été récemment et progressivement étendues avec des mesures de biomarqueurs limitées chez les moules et les poissons (rouget), ainsi que des concentrations de contaminants dans les sédiments superficiels et chez les poissons (Benedicto *et al.*, 2005 ; Campillo *et al.*, 2007 ; Martinez-Gomez *et al.*, 2007). Concernant les données, les populations de moules de tous les sites échantillonnés sélectionnés le long de la côte méditerranéenne ibérienne devraient être considérées comme sévèrement et modérément stressées. En mesurant la stabilité de la membrane du lysosome, le temps de rétention du rouge neutre (TRRN) dans les sites de référence de San Diego (sud de la côte espagnole) et les îles Medes (nord de la côte espagnole) était respectivement de 54 à 57 minutes et 41,6 minutes, tandis que, dans les sites pollués de Barcelone, Carthagène et Portman, il était respectivement de 21, 13,7 et 13 minutes (Martinez-Gomez *et al.*, 2008). Des résultats similaires sur les effets des métaux et les concentrations de polluants organiques chez les moules ont été trouvés dans les mêmes sites en utilisant les micronucléi (MN) et d'autres biomarqueurs d'anomalies nucléaires pour la pollution cytogénotoxique (Fernandez *et al.*, 2011) et des réponses antioxydantes dans les branchies de moules (Fernandez *et al.*, 2010)

370. La teneur en métallothionéines (MT) chez les moules le long de la côte méditerranéenne espagnole allait de 97,9 à 271,0 µg/g de tissus et était significativement liée aux charges corporelles de Cd et Zn. Chez le poisson (*Mullus barbatus*), la teneur en MT allait de 85,11 à 183,02 µg/g avec les valeurs les plus élevées dans le site de Portman (Benedicto *et al.*, 2005). Les valeurs moyennes de l'activité de l'EROD chez le rouget allait de 81,9 à 272,9 pmol/min/mg prot, avec la valeur la plus élevée à Carthagène, liée aux concentrations de HAP et de composés organochlorés les plus élevées dans les tissus musculaires et des valeurs bien inférieures d'intégrité ADN ont été détectées chez le poisson du delta de l'Èbre et de Carthagène, avec des valeurs moyennes de 101,1 à 152,6 (k x 1 000) (Martinez-Gomez *et al.*, 2010). En Algérie, le TRRN (stabilité membrane lysosome) chez *Mytilus galloprovincialis* était inférieur dans la zone polluée du port d'Oran (40 à 56,25 minutes) par rapport au site de référence de Maarouf (56,25 à 75 minutes). Cependant, dans les mêmes sites, la fréquence des MN n'a pas montré de différence significative (MN dans les cellules des branchies 1 à 5,75 % à Oran et 0,76 à 1 % à Maarouf) (Taleb *et al.*, 2007).

### 3.5.2 Activités d'immersion (introduction de substances et impact)

371. L'immersion est contrôlée dans la plupart des grands ports de la Méditerranée occidentale : écoports ([www.ecoport.com](http://www.ecoport.com)) à Gênes, Livourne et Civitavecchia, schémas de gestion (Valence, Bejaia, Alger, Nador, Tunis, Naples) avec réduction du nombre d'usines de traitement pour limiter les zones affectées (Marseille), expériences de recolonisation et surveillance des impacts. Cependant, l'immersion (déchets, dragage et immersion industrielle) reste importante, de l'ordre de millions de tonnes, autour des ports méditerranéens.

372. En tant qu'exemples de sites affectés par l'immersion, les apports industriels contrôlés comme les résidus miniers d'aluminium (vases rouges) dans le canyon de Cassidaigne (France, 330 m, Galgani *et al.*, 2005 ; Dauvin 2010) et l'ancienne usine d'amiante au Cap Corse touchée par le déchargement des sédiments enrichis en métaux (Galgani *et al.*, 2006 ; Lafabrie *et al.*, 2009) ont permis d'évaluer les effets biologiques de l'immersion minérale.

373. Les déchets sont un problème croissant dans cette sous-région. Ils sont synonymes d'une dégradation esthétique, mais aussi d'un certain nombre d'implications nuisibles potentielles dont le transport de polluants organiques persistants, le dégagement de composés toxiques (dont des médicaments), l'enchevêtrement de grands organismes marins et la mortalité de nombreuses espèces marines, dont des mammifères, des oiseaux et des tortues marines après l'ingestion de déchets (Katsanevakis, 2008).

374. Parmi les déchets marins les plus problématiques, le matériel de pêche abandonné ou perdu peut continuer à pêcher pendant des années, un processus qui est appelé « pêche fantôme ». Des animaux empêtrés sont tués par noyade, suffocation ou strangulation.

### 3.5.3 Enrichissement en nutriments et en matières organiques

375. Dans l'ensemble de la Méditerranée, les principaux facteurs liés à l'eutrophisation dans le milieu marin et littoral sont l'urbanisation dans les régions côtières, le tourisme, l'agriculture, l'industrie et l'influence de l'aquaculture et de la pêche. Le tourisme pourrait également être une pression importante liée à l'eutrophisation. Outre les apports nutritifs, la production primaire à l'échelle locale est aussi contrôlée par d'autres facteurs comme la stratification de la colonne d'eau, la transparence et les courants de surface locaux.

376. L'Èbre et le Rhône drainent des régions montagneuses, engendrant le plus grand déversement fluvial du bassin méditerranéen occidental. Pourtant, l'effet des nutriments déversés par ces deux fleuves ne dépassent pas les flux nutritifs ascensionnels locaux provoqués par les eaux fortement instables du nord-ouest de la Méditerranée. La production hivernale des eaux profondes dans cette région engendre également une fertilisation importante des eaux de surface qui persiste pendant la majeure partie de l'année, en particulier en automne, en hiver et au printemps. Des petites rivières (Aude, Hérault, Têt, Tech) qui s'écoulent du côté français, dans le golfe du Lion et du côté espagnol (Muga, Fluvià, Ter, Tordera, Ter, Besòs, Llobregat) provoquent une très légère augmentation des valeurs de chlorophylle a le long des côtes, en particulier du golfe du Lion. En Espagne, la ville de Barcelone et la ville et le complexe industriel de Tarragone contribuent également à d'importants déversements de nutriments provenant de sources urbaines et industriels. La lagune côtière de Mar Menor a été déclarée eutrophiée.

377. Sur la côte algérienne, le transfert de nutriments a lieu du système terrestre au système marin via le ruissellement des oueds transféré directement vers la mer et les zones portuaires (Jijell, Alger et Annaba) ou certaines baies adjacentes (Arzew et la baie d'Alger).

378. En France, seules deux régions sont vraiment eutrophes, mais liées à des lagunes côtières (complexe de Palavas et lagune d'Or). Cependant, des événements d'enrichissement et d'eutrophisation ont été découverts dans d'autres lagunes et régions côtières le long du golfe du Lion et de certaines baies, qui démontrent clairement la contribution importante du Rhône et des petites rivières adjacentes. Des efflorescences de dinoflagellés ont été régulièrement décrites (PNUE/PAM, 2007).

379. Au Maroc, les données utilisées pour évaluer l'eutrophisation ont été obtenues via l'Institut national de recherche halieutique (INRH), l'autorité de sensibilisation et de surveillance de l'eau côtière du programme du PNUE/PAM — MED POL. Seul un site important, l'estuaire de l'Oued Martil, où sont rejetés des déchets urbains et industriels, a été qualifié de site risquant de devenir eutrophe en raison des concentrations de nitrate maximales enregistrées entre 400 et 500 µg/l. Les études d'eutrophisation réalisées dans la lagune de Nador ont montré des concentrations de nitrate relativement supérieures en hiver (>100 µg/l) avec des concentrations maximales de 550 µg/l dans les stations à proximité des oueds Selouane et Kabayo et des égouts de traitement des eaux usées (Chaala et Beni Ansur). Les concentrations de chlorophylle étaient relativement faibles (<5 µg/l) montant à 20 µg/l en été et dans certaines régions contaminées. L'ensemble de la lagune de Nador a montré un problème d'eutrophisation moyen, bien qu'on ait enregistré une anoxie (DO 0 mg/l) dans deux stations en période estivale (DSPR et INRH, 2009).

380. La côte espagnole est caractérisée par un enrichissement naturel dû à la remontée et une eutrophisation induite provoquée par les rejets humains. La productivité élevée de la mer d'Alboran semble être liée à la remontée créée par la circulation anticyclonique générée par le flux des eaux atlantiques entrant en Méditerranée via le détroit de Gibraltar. D'autres zones eutrophiées ont été trouvées près de Valence et du delta de l'Èbre, où des efflorescences de dinoflagellés se sont développées.

381. En Italie, des données historiques sur l'évaluation de l'eutrophisation sont disponibles de 2001 à 2006 indiquant que les manifestations d'eutrophisation dépendent de l'hydrologie, de l'hydrodynamique et de la morphologie des zones concernées. En mers Ligure et Tyrrhénienne, les phénomènes sont épisodiques et généralement non étendus, avec des effets secondaires (hypoxie/anoxie dans les eaux du fond) peu prononcés.

382. En mer Ligure, deux sites ont été identifiés comme eutrophes : Foce Torrente Lerone avec des rejets d'eaux usées urbaines et des apports organiques provenant des industries et du ports de Gènes et de Marinella — Foce Magra avec la pollution de la zone portuaire de La Spezia, dont des rejets de déchets domestiques et industriels et des apports organiques provenant des activités aquacoles. Les rejets de déchets domestiques et industriels provenant de la rivière Sarno très polluée et les rejets découlant des activités agricoles, des nutriments, des apports industriels et organiques du port de Naples sont les principales sources d'eutrophisation dans la baie de Naples. Les apports de nutriments (P et N) provenant de l'agriculture et des rejets d'eaux usées urbaines transportés par le Tibre sont responsables des événements d'eutrophisation dans l'estuaire du Tibre. Enfin, les nutriments transportés par l'Arno, qui sont dus aux activités agricoles et aux rejets d'eaux usées urbaines de Florence et Pise sont responsables de l'eutrophisation de l'estuaire de l'Arno et des aires adjacentes.

383. Les conditions engendrant l'eutrophisation découlent, dans une large mesure, des effets des rejets d'effluents des zones urbaines et, seulement dans quelques cas, des apports fluviaux. À partir des images satellite, il a été confirmé que le golfe du Lion et l'Èbre sont les zones les plus touchées. Les eaux côtières du sud de l'Italie sont oligotrophes avec quelques exceptions comme le golfe de Naples, qui reste eutrophié en raison des eaux usées.

384. Dans le même temps, de nombreux schémas (spatiaux et temporels) dans la productivité primaire à l'échelle locale sont entraînés par la force climatique et d'autres facteurs liés seulement de façon marginale aux apports fluviaux (par exemple, stratification de la colonne d'eau, courants de surface localisés). La mesure dans laquelle ces facteurs modifieront la disponibilité, l'assimilation et la production primaire des nutriments à la lumière des changements climatiques doit être prise en compte dans les suivis et évaluations futurs.

#### **3.5.4 Perturbations physiques et biologiques**

##### *Surpêche et pêche destructrice*

385. L'effort de pêche est le plus élevé de la sous-région (Micheli, sous presse) et la surexploitation et les impacts liés à la pêche sur l'habitat et l'écosystème sont nombreux. Selon la CGPM (2008), de nombreuses espèces présentant un intérêt commercial sont actuellement surpêchées dans cette sous-région. C'est le cas du merlu (*Merluccius merluccius*), du mulot (*Mullus barbatus*) et de la crevette rose du large (*Parapenæus longirostris* dans le nord de la mer d'Alboran, aux îles Baléares, dans le nord de l'Espagne, le golfe du Lion et la mer Ligure), la sardine (*Sardina pilchardus*) et l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) dans le nord de la mer d'Alboran, le nord de l'Espagne et le golfe du Lion (CGPM, 2008).

386. Les espèces de grands pélagiques qui peuplent les mers libres, principalement le thon rouge, l'espadon et le germon, mais aussi des requins pélagiques (mako à courtes nageoires, requin bleu et requin taupe) ont un grand intérêt de conservation et ont également été surexploitées par le matériel de pêche de pélagiques. Les principaux outils de pêche pour les grands pélagiques sont les sennes coulissantes et les palangres pélagiques. Des flottes à palangres pélagiques opèrent dans les eaux méditerranéennes, allant des flottes côtières locales aux grandes flottes industrielles étrangères ; celles-ci sont très mobiles et couvrent presque la totalité du bassin méditerranéen. Les filets dérivants ont été interdits en Méditerranée en 2005, bien que cette activité soit toujours pratiquée.

387. Les Habitats essentiels des poissons (HEP) pour les grandes espèces pélagiques sont principalement déterminés par les caractéristiques océanographiques comme les zones de remontée ou les tourbillons, créant des zones importantes pour l'alimentation et la reproduction ; les principales frayères pour le thon rouge ont été localisées au sud des îles Baléares, dans la mer d'Alboran et le détroit de Sicile ; les frayères d'espadon et du germon chevauchent celles du thon rouge.

388. Le dauphin commun et d'autres espèces de mammifères marins diminuent en raison de diverses pressions issues de la pêche. Dans les eaux espagnoles, cette espèce est capturée pour interférer avec la pêche. Cette espèce fait partie des plus touchées par les attirails de pêche non sélectifs et, dans la mer d'Alboran, des morts accidentelles sont dues à la collision avec des navires. La pollution des eaux côtières contribue probablement au déclin observé de cette espèce dans le nord-ouest de la Méditerranée. Les concentrations de polluants chimiques dans les tissus chez les individus vivant sur les côtes espagnoles dépassent de loin les valeurs des concentrations

saines et certains de ces polluants influent sur la reproduction et la croissance des mammifères marins. Le déclin de cette espèce de dauphin peut être renforcé par la surpêche des stocks marins qui apportent également de la nourriture aux populations de mammifères marins (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, [www.marm.es](http://www.marm.es)).

389. Des écosystèmes coralliens des eaux profondes sont répandus le long des côtes méditerranéennes espagnoles et dans d'autres parties de cette sous-région, mais ils sont sévèrement touchés par le chalutage de fond. Le chalutage aurait altéré les communautés benthiques à travers la région, comme montré dans d'autres parties du globe (MEA, 2005).

390. De nombreux monts sous-marins éparpillés se trouvent dans la mer d'Alboran et le sud de la mer Tyrrhénienne ; les sources froides, les lacs de saumure et les bouches hydrothermales sont moins communs car ils sont concentrés dans le bassin méditerranéen oriental (sud de la Crète et Turquie, et près de l'Égypte). Le bassin méditerranéen occidental abrite de nombreux canyons sous-marins qui fournissent un habitat essentiel pour la crevette rouge, comme de nombreux canyons du golfe du Lion où l'on pêche de grandes quantités de crevettes rouges, homards, merlus, lottes, parmi d'autres espèces d'importance commerciale ; les zones d'alevinage du merlu se situent principalement sur de grandes extensions des plateaux ou bancs continentaux, soulignant le sud de la Sicile, tandis que les frayères du merlu semblent se trouver sur l'accore et les canyons en pente, le golfe du Lion en est le meilleur exemple.

#### *Perturbations des espèces exotiques*

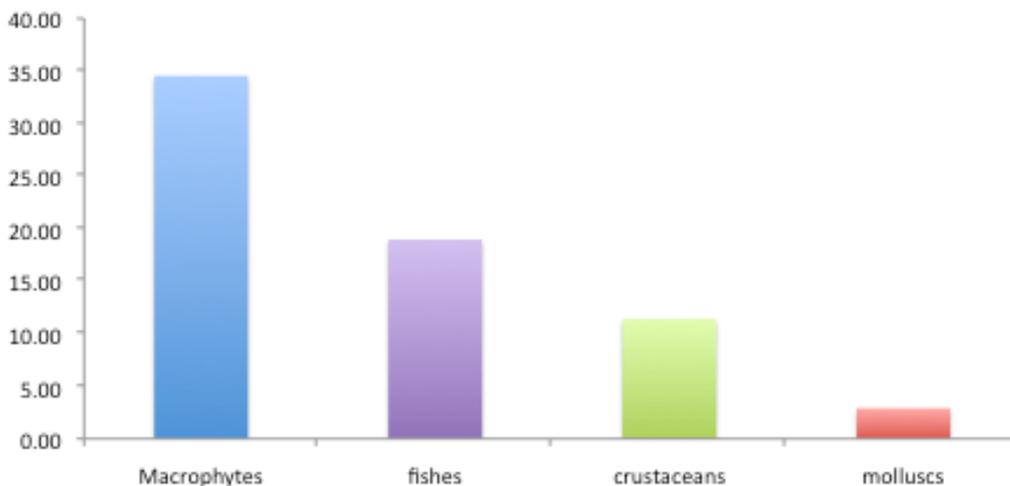


Figure 3.13 : Taxons exotiques dans les eaux méditerranéennes espagnoles (Marba et Duarte, 2010)

391. La Méditerranée est la mer européenne qui abrite le plus grand nombre d'espèces exotiques (Streftaris *et al.*, 2005). Malgré l'introduction d'espèces exotiques en Méditerranée pendant des siècles, les enregistrements d'arrivées de nouvelles espèces en Méditerranée accélèrent depuis la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle (Gollasch, 2006). En moyenne, le nombre d'introduction d'espèces entre 1999 et 2004 était d'une espèce toutes les 6 semaines (Streftaris *et al.*, 2005). À l'heure actuelle, les macroalgues sont le groupe marin qui apporte des espèces exotiques au rythme le plus rapide en Méditerranée, par rapport à d'autres groupes (Gollasch 2006).

392. On trouve actuellement 433 taxons exotiques en Méditerranée, dont des macrophytes (110 taxon), des mollusques (137 taxons), des crustacés (70 taxons) et des poissons (116 taxons) ainsi que des taxons exotiques de zooplancton et phytoplancton (CIESM, <http://www.ciesm.org/online/atlas/intro.htm> ; Streftaris *et al.*, 2005). En Méditerranée espagnole, qui peut être représentative de la sous-région occidentale, on trouve 38 taxons exotiques de macroalgues, 22 de poissons, 8 de crustacés et 4 de mollusques, indiquant que cette région contient 35 % d'espèces exotiques macrophytes méditerranéennes, 19 % de poissons, 11 % de crustacés et 3 de mollusques (Marba et Duarte, 2010) (Figure 3.13).

393. En Méditerranée occidentale, on trouve 9 espèces de macroalgues qui ont un comportement invasif : *Caulerpa taxifolia* (Pou et al., 1993), *Acrothamnion preissii*, *Asparagopsis taxiformis*, *Asparagopsis armata*, *Womersleyella setacea*, *Lophocladia lallemandii*, *Caulerpa racemosa* var *cylindracea*, *Codium fragile* ssp *tomentosoides* et *Colpomenia peregrina* (Ballesteros, 2008).

394. En Méditerranée espagnole, la *Lophocladia lallemandii* invasive est abondante entre août et novembre dans les prairies de *Posidonia oceanica* et les rives rocheuses infralittorales de Formentera, Ibiza et du sud de Majorque (îles Baléares). Cette espèce invasive pousse de façon épiphytique sur les feuilles et rhizomes de zostère marine formant des gazons épais qui font augmenter la mortalité de *P. oceanica* et qui diminuent la biomasse et la taille des pousses (Ballesteros et al., 2007).

395. *Acrothamnionpreissii* a envahi plusieurs prairies de *Posidonia oceanica* des îles Baléares, en particulier de Minorque. Cette espèce invasive pousse sur les rhizomes de *P. oceanica* et supplante les algues et les invertébrés qui y vivent. On la trouve aussi sur les rochers et grottes marins avec un éclaircissement faible à 10-30 m de profondeur où elle supplante les algues rouges (Ballesteros, 2008).

396. *Asparagopsis armata* abonde dans la région du détroit de Gibraltar jusqu'à la côte de Grenade à 20 m de profondeur et on la trouve également en Catalogne (Ballesteros, 2008). Lorsqu'elle est présente, cette espèce est dominante. *Asparagopsis taxiformis* est présente à Minorque (îles Baléares) et à Grenade (Andalousie), mais ne présente un comportement envahissant que de façon occasionnelle (Ballesteros, 2008).

397. *Caulepra racemosa* var *cylindracea* fait partie des introductions les plus récentes en Méditerranée espagnole. Elle est arrivée aux îles Baléares à la fin des années 1990 et, depuis, elle s'est rapidement propagée. Elle envahit tout type de communautés d'algues, les rhizomes de *P. oceanica* morts et les bords des prairies de *P. oceanica*. Sur les fonds meubles, la prolifération de *C. racemosa*, ainsi que celle d'autres espèces de *Caulerpa* poussant en Méditerranée, renforce les taux de réduction du sulfate et l'accumulation de sulfure d'hydrogène dans les sédiments (Holmer et al., 2009), créant des conditions néfastes pour *P. oceanica* (Garcias-Bonet et al., 2008).

398. *Caulerpa taxifolia* est arrivée en Méditerranée espagnole en 1992 à Majorque. Elle était présente dans trois sites de la côte est de Majorque, mais elle persiste uniquement dans un endroit et elle est très éparpillée, poussant sur des plaques de sable entre les prairies de *P. oceanica*. Elle n'a pas envahi d'autre région côtière de Méditerranée espagnole. *C. taxifolia* présente à Majorque est bien plus invasive que celle qui pousse en France (Ballesteros, 2008).

399. On connaît mal la petite invasive *Womerseleyella setacea*, qui pousse endessous de 20-30 m sur les rives rocheuses. Elle est arrivée aux îles Baléares dans les années 1980 et est aujourd'hui présente sur les côtes catalanes. Lorsqu'elle est présente, elle couvre entièrement le substrat favorisant la mortalité de nombreuses macroalgues natives et éradiquant la croissance des incrustantes, qui sont des espèces clés de l'habitat.

400. Les eaux de ballast ont été le vecteur de l'introduction d'au moins 17 espèces de macroalgues rouges, dont 4 ont un comportement invasif (*Asparagopsis armata*, *Asparagopsis taxiformis*, *Lophocladia lallemandii* et *Womersleyella setacea*, Ballesteros, 2008). L'huître *Crassostrea gigas* a été introduite sur les côtes espagnoles et autres par la mariculture. Les bassins à poissons sont un autre vecteur d'introduction d'espèces exotiques et invasives comme pour la macroalgue *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée.

401. Certaines espèces invasives peuvent engendrer des perturbations majeures de l'écosystème natif, en particulier lorsque les invasives affectent les espèces natives qui structurent l'habitat. En Méditerranée, les espèces qui structurent l'habitat sont les zostères marines, les macroalgues, les coraux (gorgones incluses) et les éponges. En Méditerranée espagnole, les espèces invasives qui engendrent la disparition de l'habitat marin sont les macroalgues (Ballesteros, 2008) et les principales pertes sont enregistrées dans la zone infralittorale.

### 3.5.5 Effets du bruit sous-marin et des déchets marins

402. La région méditerranéenne occidentale est l'une des plus fréquentées en termes d'activités marines. Dans le même temps, le rivage se développe largement, en particulier dans les pays qui bordent la sous-région au nord. Toutes ces utilisations génèrent de la pollution, y compris de la

pollution sonore par les bateaux, l'exploration sismique et les exercices navals, ainsi que les débris marins. Tous les écosystèmes peuvent être affectés par ces formes de pollution, mais les études pour quantifier ces pressions ou comprendre leurs effets commencent seulement. Les Parties contractantes ont, cependant, développé une stratégie pour s'occuper des déchets marins et mis en place une surveillance dans le cadre des promesses de l'ECAP pour fournir plus d'informations sur les impacts écosystémiques du bruit et des déchets.

### 3.5.6 Questions émergentes telles que les effets des changements climatiques

403. Les émissions anthropogéniques croissantes de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ont engendré une augmentation des températures atmosphériques mondiales de 0,6 °C au cours des 100 dernières années (IPCC, 2007). La magnitude de l'augmentation des températures atmosphériques en Espagne au XX<sup>e</sup> siècle a été plus importante que celle enregistrée au niveau mondial (de Castro *et al.*, 2005). Par exemple, depuis 1976, la température atmosphérique aux îles Baléares a augmenté de 1,5 °C (S. Alonso, comm. pers.) et les températures annuelles maximales et minimales ont tendance à augmenter sur l'ensemble de l'Espagne (de Castro *et al.*, 2005). La température atmosphérique se réchauffe aussi en Méditerranée. Des séries chronologiques de température de l'eau de mer disponibles pour la Méditerranée espagnole (par ex. Estartit) montrent une progression soutenue des eaux de surface annuelles moyennes de 0,06 °C/an (Díaz-Almela *et al.*, 2007) et un rythme de réchauffement de 0,025 °C/an de l'eau à 80 m de profondeur (Salat et Pascual, 2002). De même, le nombre d'années par décennie où la température maximale de l'eau dépasse la température annuelle moyenne maximale a augmenté au cours des 40 dernières années. La température maximale annuelle de l'eau à 5 m de profondeur à l'Estartit a révélé des anomalies positives pendant 3 ans au cours des années 1970, 6 ans pendant les années 1980, 9 ans pour les années 1990 et 3 ans entre 2000 et 2004. Le niveau de la mer le long de la Méditerranée espagnole est resté stable ou a augmenté à un rythme moyen de  $2 \pm 1$  mm/an au cours de ces dernières décennies (Marbà et Duarte, 1997), une tendance similaire a été signalée pour d'autres régions du nord de la Méditerranée (Perez, 2008). La montée du niveau de la mer est principalement attribuable à l'augmentation thermique, mais également à des processus de subsidence locale dans certaines régions, comme dans le delta de l'Èbre (Cendero *et al.*, 2005).

404. Selon les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre A2 et B2 (concentrations mondiales de CO<sub>2</sub> en 2100, respectives de 850 ppm et 760 ppm, 120 % et environ 50 % supérieures aux concentrations actuelles, IPCC, 2007), les modèles climatiques mondiaux prévoient une augmentation relativement uniforme de la température en Espagne d'en moyenne 0,4 °C/décennie en hiver et 0,7 °C/décennie en été dans le scénario A2 et de 0,4 °C/décennie en hiver et 0,6 °C/décennie en été dans le scénario B2 (de Castro *et al.*, 2005). Cependant, les émissions de gaz à effet de serre et la température augmentent de façon plus rapide que prévue par le scénario le plus défavorable. Depuis 1999, lorsque les tendances climatiques futures ont été projetées, la température mondiale observée pendant 4 des 5 années dépassait celle modélisée. Malgré les divergences entre les différents modèles de précipitations mondiales, ils prévoient tous une diminution des précipitations annuelles totales, légèrement supérieures dans le scénario A2 que dans le B2 pour 2100 (de Castro *et al.*, 2005). Le déclin des précipitations devrait être supérieur au printemps et un peu inférieur en été. La fréquence des événements climatiques extrêmes (vagues de chaleur, ouragans, sécheresse/inondations) devrait augmenter au XXI<sup>e</sup> siècle. Le niveau de la mer le long de la côte méditerranéenne espagnole d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle devrait augmenter d'environ 50 cm, bien qu'une augmentation d'1 m soit moins probable, mais toujours possible (Cendredo *et al.*, 2005). Les modifications de la disponibilité en eau douce dans les bassins-versants provoquées par les changements climatiques devraient également avoir un impact significatif sur les zones côtières et les eaux transitionnelles, ainsi que sur la prestation de services écosystémiques issus des zones humides.

405. Les empreintes des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière dans les parties de la Méditerranée occidentale sont déjà évidentes, reflétées par une mortalité accrue de certaines espèces, des modifications de la biologie reproductrice des espèces pendant les années chaudes et une augmentation de l'arrivée d'espèces exotiques (Marba et Duarte, 2010).

406. Les impacts critiques des changements climatiques sur les zones de plaine sont liés à la fréquence et/ou l'intensité accrue(s) des tempêtes, à la montée du niveau de la mer et, dans une certaine mesure, aux modifications des flux fluviaux (sédiments et eau).

407. Les deltas font partie des zones côtières les plus vulnérables vis-à-vis de l'augmentation du niveau de la mer. Dans un scénario avec une augmentation du niveau de la mer de 50 cm et aucune augmentation du transport sédimentaire fluvial, 50 % du delta de l'Èbre et du delta du Llobregat peuvent disparaître. De même, d'autres zones de plaine côtière le long de la Méditerranée espagnole peuvent être touchées : environ 20 km le long de la Manga del Mar Menor, des lagunes côtières de 5 km de long à Cabo de Gata (Cendredo *et al.*, 2005). Certaines de ces zones vulnérables sont urbanisées (par exemple Manga del Mar Menor, le delta du Llobregat) et peuvent donc disparaître, mais d'autres qui sont des zones d'agriculture ou qui appartiennent à des zones protégées peuvent permettre la création de nouvelles zones de plaine qui pourraient compenser les pertes tandis que le front de mer progresse à l'intérieur des terres.

408. Il faut mentionner que la plupart de ces unités côtières ont déjà été détériorées en raison de l'urbanisation et de la pollution issue de l'agriculture (par exemple, Albufera de Valencia), de l'industrie et des Hommes (par exemple Manga del Mar Menor, Cendredo *et al.*, 2005). De même, au cours des 50 dernières années, les apports sédimentaires fluviaux aux deltas (delta de l'Èbre) ont fortement augmenté (de 90 %, Benoit et Comeau, 2005) en raison de la construction de barrages, de la régulation et de la reforestation du bassin-versant, renforçant la vulnérabilité de ces structures côtières face aux changements climatiques.

409. La montée du niveau de la mer est la principale menace liée aux changements climatiques pour les habitats des plages. L'augmentation du niveau de la mer impliquerait l'érosion des plages, donnant lieu à une diminution de la surface des plages ou à un mouvement progressif vers l'intérieur des terres (Cendredo *et al.*, 2005). Le rythme de recul des plages dépendrait des caractéristiques de celles-ci. Les plages confinées et cimentées seraient les plus vulnérables face à la montée du niveau de la mer (Cendredo *et al.*, 2005). La perte de surface des plages augmenterait et la pente de celles-ci diminuerait. Les pertes de plages en raison de l'augmentation du niveau de la mer seraient inférieures si les apports sédimentaires, des cours d'eau et des réseaux dunaires vers les plages augmentaient. Cependant, très peu de plages méditerranéennes espagnoles préservent les réseaux dunaires associés, principalement du fait qu'ils ont été détruits ou urbanisés. Dans certaines régions (Almería), le sable des réseaux dunaires a été extrait. La perte des dunes de sable, associée à la construction de ports et de marinas le long de la côte, sont la cause principale de l'instabilité actuelle et de l'érosion des plages méditerranéennes, car le transport sédimentaire d'une plage est rompu ou la dérive littorale est modifiée (Cendredo, 2005). Une accélération de l'érosion de la plage due à la pression humaine est évidente le long de l'ensemble de la côte méditerranéenne de la Péninsule ibérique (Mazarrón, Murcie ; Carboneras, Almería ; Puçol et Massalfasar, Castellón ; Albufera de Valencia, Valence ; Santa Pola, Alicante). Les pertes de prairies de *Posidonia oceanica* le long de la Méditerranée espagnole ont surtout eu lieu au cours des 3 dernières décennies en raison des impacts anthropogéniques qui ont contribué à accélérer l'érosion littorale. Les prairies de *P. oceanica* agissent comme des forêts marines, en stabilisant les sédiments là où elles poussent et en empêchant l'érosion. En outre, les prairies de *P. oceanica* contribuent à produire du sable de carbonate pour les plages adjacentes, car les organismes calcaires qui vivent sur les feuilles et les rhizomes, associés à des particules de carbonate déposées sur les feuilles de *P. oceanica*, arrivent sur les plages avec *P. oceanica* après les tempêtes.

410. Les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes marins et côtiers seront différents pour les écosystèmes des remontées ou les zones stratifiées, ainsi que pour l'océan côtier ou libre, et ils dépendront de la mobilité des espèces. La réponse écophysologique (capacité photosynthétique, rythme de croissance) du phytoplancton marin consistant en l'augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> et le réchauffement de l'eau de mer n'est pas totalement connue. Les interactions entre les modifications du milieu marin dérivées des changements climatiques et d'autres facteurs, comme la disponibilité des nutriments, peuvent contraindre les réponses du phytoplancton. L'augmentation attendue de la période de stratification et les modifications des processus à l'échelle macroscopique (remontée, fronts, courants) peuvent réduire la productivité marine. L'augmentation de la pression partielle du CO<sub>2</sub> pourrait renforcer la productivité de la végétation benthique (zostères marines et macroalgues), car le CO<sub>2</sub> limite la productivité de ces populations (Anadón *et al.*, 2005). Des modifications de la production primaire marine auraient une incidence sur la production des consommateurs et, ensuite, du reste de la chaîne alimentaire marine.

411. Des impacts simultanés dérivés des changements climatiques menacent les espèces, populations et écosystèmes marins et côtiers. Les écosystèmes côtiers et peu profonds sont les plus vulnérables aux impacts des changements climatiques. La montée du niveau de la mer menace les

écosystèmes de zostère marine, qui sont enracinés dans les sédiments entre 0,5 et 45 m de profondeur, car elle renforce l'érosion sous-marine et donc la perte de l'habitat (Anadón *et al.*, 2005). De même, les zones humides sont très vulnérables à l'érosion côtière accrue et aux inondations découlant de l'augmentation du niveau de la mer. Cependant, si les écosystèmes côtiers touchés ont pu coloniser le nouvel habitat à des rythmes similaires à celui de l'avancée de la mer sur les terres, la montée du niveau de la mer offrirait un nouvel habitat aux écosystèmes côtiers pour se propager (Duarte, 2002).

412. L'augmentation de la température de l'eau peut compromettre la survie des organismes et modifier le cycle de vie des espèces. Des événements de mortalité de masse d'espèces sessiles (par exemple gorgones, scléroustaciens, éponges) et benthiques mobiles (par exemple crustacés) ont déjà été observés au cours des périodes de calme et de chaleur anormales (Pérez, 2008). De même, le taux de mortalité de la zostère marine *Posidonia oceanica* le long des îles Baléares (Espagne) a augmenté de façon significative après les étés 2003 et 2006, les étés les plus chauds entre 2000 et 2007 (Marbà et Duarte, 2010). Les températures estivales élevées renforcent également la reproduction de *P. oceanica* (Díaz-Almela *et al.*, 2007). Un événement d'efflorescence massif, jamais enregistré auparavant, de prairies de *P. oceanica* dans l'ensemble du bassin méditerranéen occidental a eu lieu à l'automne 2003 (Díaz-Almela *et al.*, 2007), l'époque de l'année où *P. oceanica* fleurit. La grande production de recrues sexuelles par *P. oceanica* après l'été 2003, cependant, n'a pas compensé les pertes dues à la mortalité des plants (Díaz Almela *et al.*, 2009). L'efflorescence massive de *P. oceanica* a été interprétée comme une réponse végétale au stress thermique (Díaz-Almela *et al.*, 2007). Il est également prouvé que les maladies marines déclenchant une mortalité de l'hôte augmentent lors des événements de chaleur (Bally et Garrabou, 2007 ; Perez, 2008).

413. De nombreuses espèces benthiques et pélagiques marines devraient modifier leur répartition géographique en raison des modifications thermohalines de la mer. L'augmentation de la température de l'eau donnera lieu à des déplacements des limites biogéographiques de nombreuses espèces. La répartition de la plupart des groupes d'organismes sera affectée, en élargissant les plages de répartition des espèces du sud et en reculant celles du nord. Des modifications des plages de répartition des espèces marines en Méditerranée nord-occidentale sont également déjà observées (Laubier *et al.*, 2003). En outre, des interactions, qui ne seront pas directement dues aux changements climatiques, sont attendues entre les espèces nouvelles et anciennes. Le rythme des modifications dans les plages de répartition des populations marines entraînées par les changements climatiques peut être plus rapide ou plus lent selon l'effet de l'atmosphère sur les courants marins et la stratification.

414. La température accrue de l'eau de mer peut favoriser l'implantation et l'expansion d'espèces exotiques et invasives. Le réchauffement de l'eau de mer renforcerait aussi la respiration des organismes marins et des écosystèmes augmentant la consommation d'O<sub>2</sub> et la production de CO<sub>2</sub>. La solubilité de l'O<sub>2</sub> qui diminue avec l'augmentation de la température, diminuerait en outre la disponibilité d'O<sub>2</sub> dans la colonne d'eau. Ainsi, le réchauffement de l'eau de mer augmente le risque d'événements hypoxiques dans les systèmes marins côtiers, en particulier pendant les périodes calmes.

415. L'augmentation de la pression partielle du CO<sub>2</sub> donnant lieu à une augmentation du CO<sub>2</sub> atmosphérique acidifie l'eau de mer (Anadón *et al.*, 2005). La diminution du pH de l'eau de mer peut réduire le dépôt de carbonate dans les organismes avec des structures de carbonate comme, par exemple, les bivalves ou les coraux. Les concentrations de CO<sub>2</sub> prévues pour la fin du XXI<sup>e</sup> siècle (IPCC, 2001) pourraient diminuer suffisamment le pH de l'eau de mer pour initier la dissolution du carbonate dans les eaux côtières favorisant l'absorption océanique du CO<sub>2</sub> (Anadón *et al.*, 2005).

416. La variabilité climatique affecte directement le recrutement des poissons, un processus clé pour la pêche. Les modifications des courants marins, dérivées de la variabilité climatique atmosphérique, peuvent modifier le transport et la survie des larves et des juvéniles. Si les changements climatiques modifient la production primaire et secondaire, la nourriture pour les larves de poissons sera limitée, contraignant le recrutement des poissons et donc la dimension de la population des poissons. Les modifications de la température de l'eau de mer et la salinité peuvent également avoir un impact sur la physiologie des espèces diadromes. Des modifications des plages de répartition dues aux changements climatiques des espèces diadromes ont été suggérées. Les voies de migration des poissons peuvent changer en raison des modifications dans l'abondance et la répartition des proies, qui sont liées à la température de l'eau de mer. Les modifications de la

répartition isotherme saisonnière peuvent contraindre les voies migratoires des poissons et donc la pêche. Les changements de la circulation marine peuvent modifier les populations pélagiques et benthiques même dans les eaux profondes (Anadón *et al.*, 2005).

417. Les impacts des changements climatiques sur la mariculture ne sont pas évidents. Les cultures qui nécessitent des apports de nourriture extérieurs peuvent ne pas être affectées de façon importante par une modification de la productivité dans la région. Cependant, ces cultures pourraient être fortement touchées par les changements climatiques si la température ambiante est au-dessus ou si les concentrations de pH ou d'O<sub>2</sub> sont en-dessous des limites physiologiques pour les espèces. En outre, les changements climatiques peuvent avoir un impact sur les activités maricoles étendues, comme les fermes de bivalves dans le delta de l'Èbre, reposant sur la productivité locale. La mariculture peut être particulièrement vulnérable pendant les événements climatiques extrêmes. L'augmentation de la température de l'eau de mer pourrait également favoriser l'arrivée et la propagation des parasites maricoles (Anadón *et al.*, 2005).

418. Des épidémies ont été signalées dans les écosystèmes marins du monde entier, en particulier depuis quelques décennies dans les régions tropicales. Le réchauffement climatique pourrait favoriser la récente augmentation des épidémies (Harvell *et al.*, 2002). Dans le nord-ouest de la Méditerranée, des bactéries pathogènes pourraient avoir été impliquées dans les mortalités massives de la gorgone *Paramuricea clavata* observées à la fin des étés 1999 et 2003, après que l'eau de mer ait atteint des températures anormalement élevées (Bally et Garrabou, 2007). Bally et Garrabou (2007) ont testé de façon expérimentale l'activité pathogène de la souche *Vibrio coralliilyticus* isolée des colonies endommagées de *P. clavata* pendant les événements de mortalité de masse de 2003 chez les *P. clavata* saines. L'identification de *V. coralliilyticus* comme agent infectieux pour *P. clavata* et sa description comme agent pathogène thermodépendant de l'espèce de corail tropical renforcent son rôle dans les événements de mortalité massive de *P. clavata* dans des conditions de réchauffement de l'eau de mer (Marba et Duarte, 2010).

419. Les écosystèmes les plus vulnérables donc sont ceux où apparaissent de multiples impacts dérivés des changements climatiques, comme ceux soutenant des organismes ayant une longue durée de vie et une croissance lente. Ainsi, les zones humides et les écosystèmes dominés par des organismes sessiles (par exemple du corail rouge, des gorgones, des éponges, *Posidonia oceanica*) font partie des plus vulnérables aux impacts des changements climatiques. À son tour, la perte de la végétation marine et côtière peut contribuer à accélérer le réchauffement climatique, car la végétation côtière est un puits de carbone océanique important (Duarte *et al.*, 2005).

### **3.6 Conclusions et analyse des lacunes concernant les pressions et impacts**

420. L'étalement littoral est un problème particulièrement important dans cette sous-région, en particulier dans la partie nord. Le développement qui s'est intensifié au cours de la dernière décennie le long de la côte méditerranéenne occidentale (en particulier dans la partie européenne de cette sous-région) a conduit à la perte physique des habitats côtiers sensibles sur le littoral, ainsi qu'à des altérations du transport des sédiments, menant à une érosion étendue de la zone sublittorale. Le développement du tourisme mène à la perte et à la destruction de la majeure partie de cet habitat et le développement spéculatif a laissé certaines régions radicalement altérée ou dégradée avec peu de revenus générés découlant de projets peu planifiés. Dans le même temps, l'expansion de la navigation de plaisance a mené à un certain nombre de pressions supplémentaires, dont celles dérivées des ancres, des eaux usées et des émissions d'ordures et de la pêche sportive et récréative, ainsi que des impacts dérivés de la construction et de l'exploitation de ports de plaisance. Les pressions issues des activités récréatives sont considérables.

421. La surpêche, qui touche une majeure partie de la côte méditerranéenne occidentale et qui donne lieu à une perte de la biomasse à tous les niveaux trophiques, compromet l'intégrité des chaînes alimentaires pélagiques et benthiques. La pêche au chalut peut également engendrer des impacts significatifs sur les habitats benthiques sensibles, dont les coraux des eaux profondes et les prairies de zostère marine. La pêche commerciale non durable apparaît comme une pression majeure dans la sous-région méditerranéenne occidentale.

422. D'autres impacts liés à la pêche peuvent survenir. L'aquaculture et la pisciculture en mer ont été identifiées comme des sources d'apports organiques excessifs dans certaines régions, où la densité des cages est élevée, résultant en des dommages sur les écosystèmes benthiques sensibles. L'aquaculture du thon a été identifiée comme particulièrement influente, car elle a des impacts graves sur les écosystèmes benthiques et contribue fortement à l'appauvrissement du stock de thon déjà compromis. L'aquaculture des bivalves produit quelques impacts sur l'écosystème benthique et génère quelques bénéfices en raison de la capacité de filtration des organismes, augmentant la clarté de l'eau. Cependant, des conflits peuvent apparaître lorsque l'espace océanique et côtier limité est occupé par des exploitations aquacoles qui limitent l'accès d'autres utilisateurs.

423. Les sources terrestres de pollution sont un problème majeur dans la sous-région méditerranéenne occidentale, étant donné la grande superficie du bassin-versant et le développement intensif des côtes et des bassins fluviaux. Les apports terrestres de matières organiques, de nutriments (azote et phosphore) et de polluants sont à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau, avec des efflorescences d'algues toxiques, la perte d'habitats benthiques vulnérables et, lorsque couplée à un échange d'eau limité, une eutrophisation et une hypoxie sévères dans les baies côtières.

424. D'autre part, les données sur les métaux en traces pour les échantillons de *Mytilus galloprovincialis* recueillis dans 21 stations entre 1979 et 2006 dans le cadre du système de surveillance français (RNO, <http://www.ifremer.fr>) montrent clairement une diminution générale des concentrations sur cette période. Le long de la côte méditerranéenne de l'Espagne, bien que les données recueillies à partir des moules n'aient pas été étudiées au niveau mondial, la comparaison des concentrations de PCB et DDT et leurs métabolites, obtenus entre 1993 et 2001, a montré une tendance à la baisse des concentrations de ces polluants (Campillo *et al.*, 2004). De même, l'analyse des concentrations de métaux dans les sédiments du golfe de Tunis (Cd, Pb, Hg, Cu, Zn, Fe) réalisée en 1999, 2003 et 2010 a démontré que les métaux restaient dans la même plage pour les 12 dernières années, sauf le cadmium qui a été divisé par plus de 10. La diminution du cadmium a également été observée chez *Mytilus galloprovincialis* dans des stations tunisiennes entre 2001 et 2008.

425. La baisse des concentrations des contaminants organohalogénés persistants limités ou interdits comme les PCB et les PCDD/F dans les milieux environnementaux comme le biote ou les sédiments a été observée en Europe et à l'échelle mondiale (Gomara *et al.*, 2005). Cette tendance est liée à la restriction sévère ou à l'élimination progressive de ces composés et au contrôle plus efficace des émissions. Les données recueillies dans le cadre des programmes de surveillance nationaux indiquent une tendance à la baisse générale des concentrations de produits chimiques dont l'utilisation a été interdite pendant des années (DDT, PCB, lindane, etc.), bien que, dans certains cas, les concentrations restent relativement élevées.

426. Les pressions de la pêche s'intensifient dans la sous-région et les impacts auxiliaires, comme ceux provoqués par les déversements accidentels, la pollution opérationnelle, la libération d'espèces exotiques via les eaux de ballast et les débris générés par le trafic maritime, devraient tous continuer à affecter la biodiversité de la région.

427. Enfin, le réchauffement de la Méditerranée à un rythme supérieur au rythme mondial affecte déjà les espèces vulnérables et favorise la propagation d'espèces thermophiles. Lorsqu'elles sont invasives, ces espèces peuvent provoquer des changements majeurs dans les écosystèmes et la prestation de certains services écosystémiques. L'intensification du transport maritime, le commerce international d'espèces d'aquarium et les changements climatiques favorisent l'arrivée d'espèces exotiques en Méditerranée.

## CHAPITRE 4 : SOUS-RÉGION DE LA MER IONIENNE ET DE LA MÉDITERRANÉE CENTRALE

### 4.1 Introduction

428. La sous-région méditerranéenne centrale et ionienne comprend les parties de la Grèce et de l'Italie qui se trouvent en mer Ionienne, Malte, la Jamahiriya arabe libyenne (ci-après dénommée la Libye) et la Tunisie (Figure 4.1).



Figure 4.1 : Sous-région 2, indiquant les principales villes côtières, l'emplacement des points de pollution importants (cercles rouges) et l'emplacement des préoccupations environnementales majeures (cercles bleus)

429. La mer Ionienne est bordée par l'Italie du sud avec la Calabre, la Sicile et la péninsule du Salento à l'ouest et par la pointe sud de l'Albanie et un grand nombre d'îles Ioniennes grecques, dont Corfou, Zante, Céphalonie, Ithaque et Leucade à l'est. La Méditerranée centrale s'étend du bord sud de la mer Ionienne aux côtes de la Libye et de la Tunisie.

430. La longueur approximative des côtes a été estimée à 5 700 km, ce qui représente 12 % de l'ensemble de la côte méditerranéenne. La surface totale de l'eau de mer s'élève à environ 800 000 km<sup>2</sup>, ce qui représente 32 % de la surface totale de la Mer Méditerranéenne.

### 4.2 Caractéristiques physiques et chimiques

#### 4.2.1 Topographie, bathymétrie et nature des fonds marins

##### Bathymétrie

431. La bathymétrie de la zone étudiée est très variable : la moitié occidentale est beaucoup moins profonde, jusqu'à 1 000 m de profondeur en général, que la moitié orientale qui peut aller jusqu'à une profondeur de 3 000 m et plus. Cette moitié orientale inclut la partie la plus profonde de la Méditerranée (5 267 m) qui est au sud-ouest de Pylos en Grèce, faisant partie de la Fosse Hellénique. La moitié occidentale forme la crête sous-marine relativement peu profonde (seuil) entre la Sicile et la Tunisie, qui sépare la Méditerranée en deux bassins principaux. La crête orientale a une profondeur maximale d'environ 540 m reliant le canal de Sicile au bassin ionien. Le seuil occidental est divisé par le grand banc de l'Aventure et le banc Sans Nom. Ces grands systèmes de seuil sont séparés dans la partie centrale par un plateau étroit. La forme de la pente est très irrégulière, incisée par de nombreux canyons, tranchées et pentes raides. L'archipel maltais se trouve sur la limite extérieure du plateau continental sicilien. La Figure 4.2 illustre la bathymétrie de la sous-région.

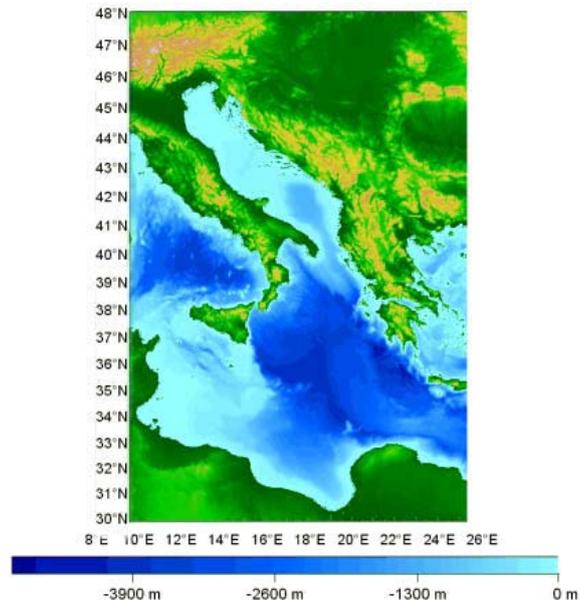


Figure 4.2. : Bathymétrie marine de la zone étudiée

#### 4.2.2 Salinité, température ; courants ; transport de sédiments

432. L'hydrodynamique de la zone (comme dans d'autres régions méditerranéennes) est déterminée par les échanges d'eau à travers les divers détroits, par la force du vent et par les flux de flottabilité en surface dus à l'évaporation, aux entrées de cours d'eau et aux flux thermiques. La lente circulation thermohaline Méditerranéenne à l'échelle du bassin conduit à la formation de deux masses d'eau composées d'eau Atlantique Modifiée moins salée allant vers l'est à la surface et d'eau Intermédiaire Levantine plus profonde et plus salée circulant dans la direction opposée. Ce flux se produit à une profondeur moyenne de 280 m.

433. En surface, le Jet atlantique ionien (AIS) serpente vers l'Est pendant une majeure partie de l'année. Lorsqu'il atteint les eaux plus profondes, il se déplace vers le nord en formant ce qu'on appelle le tourbillon cyclonique Ionian Shelf Break Vortex (Drago et Sorgente, 1998, Robinson, *et al.*, 2001).

434. L'eau Atlantique Modifiée est entraînée avec l'AIS dans la région étudiée, se déplace vers le sud-est et retourne en partie sur les régions du plateau continental tunisien et libyen. L'archipel maltais se trouve sur la limite extérieure du plateau continental sicilien.

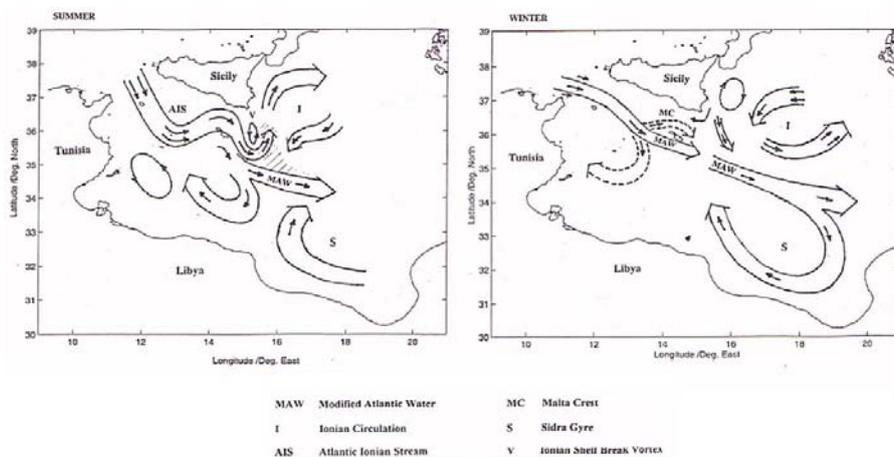


Figure 4.3 : Courants de surface de la Méditerranée centrale (Drago et Sorgente, 1998)

435. Les courants de surface dans la mer Ionienne suivent généralement une trajectoire antihoraire, allant vers la parallèle nord de la côte grecque et tournant ensuite à l'ouest et au sud le long de la côte italienne. En général, ce courant n'est pas très fort, mais il peut être plus fort dans les détroits et à proximité des îles.

436. Une étude récente de la circulation en surface dans la Méditerranée centrale (Poulain et Zambianchi, 2007), basée sur les données de bouées dérivantes suivies par satellite de 1990 à 1999, a fourni une vaste description quantitative de la circulation de surface en Méditerranée centrale. Ce qui en ressort, c'est que la dynamique du canal au sens large, comprenant le plateau tunisien et la région sud de Malte, présente parfois des caractéristiques inattendues du champ des vitesses de surface, parfois stagnant ou même dirigé dans le sens opposé par rapport aux courants circulant plus au nord. En outre, le caractère saisonnier de la circulation de surface dans la région et l'effet de la force du vent s'avèrent être bien manifestes. On a constaté que lorsque les vents soufflent du secteur nord-ouest (comme le mistral), le transport en surface vers l'est dans le canal de Sicile est renforcé. En revanche, avec des conditions de vent opposées (soufflant du secteur sud-est), le transport via le canal est réduit de façon significative.

437. Ces caractéristiques hydrodynamiques sont très pertinentes pour déterminer le sort des contaminants dans la région. En général, les marées dans la région étudiée sont faibles, d'environ 10-50 cm. Les températures de l'eau en surface et les types de salinité dans les eaux libres sont principalement influencés par les schémas de circulation saisonniers et la remontée côtière. Les événements de remontée sont souvent manifestes dans les détroits d'Otrante et de Sicile, ainsi que sur les côtes tunisiennes et libyennes. La remontée le long des côtes siciliennes est régie par les vents sud-est et par l'inertie des dômes isopycnales des méandres du jet Atlantique Ionique et des remous cycloniques qui peuvent étendre leur influence bien au large en raison de la configuration de la circulation. Par ailleurs, les transitions relativement importantes en températures superficielles de la mer, le long de l'axe est-ouest dans la zone étudiée sont souvent manifestes, en particulier pendant certains moments de l'année du fait des modifications hydrodynamiques du sous-bassin. Dans les régions côtières, les températures superficielles présentent des fluctuations saisonnières et diurnes plus grandes du fait des eaux peu profondes.

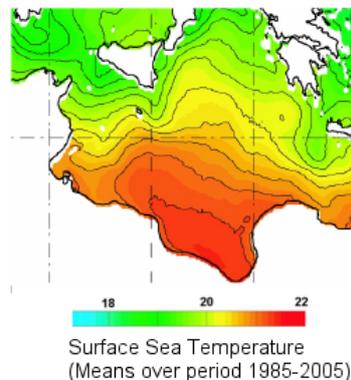


Figure 4.4 : Températures de la surface de la mer pour la zone étudiée telles qu'évaluées par Marullo *et al.*, 2006

438. La nature transitoire de la zone le long de l'axe nord-sud en termes de températures superficielles est clairement visible sur cette figure. Selon l'étude de Ludwig *et al.* (2009), le taux annuel moyen de précipitations sur la période allant de 1960 à 2000 a été estimé à 552 mm pour l'ensemble du bassin méditerranéen, 784 mm pour la région ionienne et 79 mm pour le sud de la Méditerranée centrale. Cela indique clairement la disponibilité inégale de l'eau dans la région étudiée, avec sa moitié européenne présentant un taux de précipitations moyen supérieur à la moyenne méditerranéenne et sa moitié africaine étant l'une des régions les plus sèches de tout le bassin. Par ailleurs, l'analyse des tendances indique que le climat en Méditerranée a clairement évolué vers des conditions plus sèches. Les mêmes auteurs indiquent que les températures de l'air moyennes enregistrées en Méditerranée affichent une tendance à la hausse. Les seules exceptions sont les bassins-versants des mers Ionienne, Égée et Nord-Levantine, où les tendances ne sont statistiquement pas significatives.

### 4.2.3 Répartition spatiale et temporelle des nutriments, de l'oxygène dissous et du pH

#### *Nutriments et productivité primaire*

439. Comme dans d'autres régions marines oligotrophiques, la Méditerranée, dont fait partie la région étudiée, se caractérise par une stratification thermique généralement prononcée de la colonne d'eau, qui délimite (1) une couche de surface chaude mélangée à une forte intensité lumineuse mais appauvrie en nutriments et (2) une sous-couche superficielle avec des niveaux lumineux faibles et plus de nutriments. La profondeur où la concentration en nitrate dissous avoisine zéro (nitracline) est d'environ 75 m dans la mer Ionienne, pendant la période stratifiée. La même nitracline se trouve à environ 10 m de profondeur dans la mer d'Alboran et peut atteindre plus de 150 m dans le bassin Levantin de la mer Méditerranée. C'est l'une des caractéristiques de cette zone qui présente ainsi sa nature transitoire entre les deux bassins.

440. Comme prévu, ces conditions présentant peu de nutriments ont un impact direct et considérable sur le niveau de productivité primaire dans la région. En fait, une diminution de la production primaire intégrée, de l'exportation de carbone particulaire et de la disponibilité des nutriments vers la côte est de la Méditerranée a été observée, tandis que la chlorophylle a intégrée est restée constante.

441. La production primaire intégrée atteint normalement 300 mg C/m<sup>2</sup>/j dans le bassin ionien, qui se trouve à nouveau être un intermédiaire entre la valeur généralement enregistrée pour le bassin occidental (environ 500 mg C/m<sup>2</sup>/j) et celle enregistrée dans le bassin Levantin, qui est de 150 mg C/m<sup>2</sup>/j et qui est considérée comme une limite pour les taux de production primaire dans de fortes conditions oligotrophiques (Moutin et Raimbault, 2002). Les plus hauts niveaux de productivité apparaissent le long des côtes, près des grandes villes et aux estuaires des cours d'eau.

442. Dans certaines parties de la Méditerranée, la production photosynthétique est limitée par la disponibilité du phosphate. Les concentrations en phosphate inorganique dissous dans la zone photique supérieure sont connues pour diminuer en allant de l'ouest vers l'est où elles atteignent des niveaux bien inférieurs à 1 nM (Moutin et Raimbault, 2002). Néanmoins, dans certaines autres régions où les nitrates, ou même les silicates, sont faibles, elles sont également connues pour être les principaux facteurs limitant la productivité primaire.

443. Pacciaroni et Crispi (2007) ont évalué l'importance relative de l'azote et du phosphore, comme des charges externes, sur les cycles biogéochimiques méditerranéens. Les concentrations de biomasse ont été analysées en tenant compte de la réponse en régime continu du modèle tridimensionnel ECHYM à trois dépôts atmosphériques en azote et phosphore, considérés comme continus dans le temps. Les distributions en nutriments dans les compartiments biochimiques ont été analysées, soulignant, au sein de l'environnement oligotrophique méditerranéen, le rôle joué par l'ultraplancton, le plus petit compartiment de phytoplancton. Les auteurs étudient la façon dont l'oligotrophie de la mer Méditerranée peut s'expliquer comme une réponse à la circulation thermohaline négative. La circulation estuarienne inversée de l'ensemble du bassin détermine un solde négatif pour les nutriments dans le détroit de Gibraltar, car là-bas, l'eau de surface pauvre en nutriments est importée par l'océan Atlantique et l'eau relativement riche en nutriments est exportée. Ainsi, l'hydrodynamique tridimensionnelle détaillée de l'ensemble du bassin, associée à la dynamique biogéochimique principale, doit être prise en compte pour résoudre la variabilité de l'écosystème méditerranéen. Par ailleurs, la croissance du phytoplancton dépend des conditions des nutriments susmentionnés. Les concentrations de chlorophylle restent élevées dans la couche supérieure et coïncident avec l'épuisement nutritif. La couche de surface appauvrie en nutriments est séparée d'une couche de nutriments abondants, à une certaine distance en-dessous de la profondeur euphotique, par une nutricline, couche dans laquelle les concentrations en nutriments augmentent rapidement avec la profondeur. Par conséquent, selon l'intensité lumineuse à la surface et la turbidité de l'eau, les déplacements de nutricline et de pycnocline déterminent l'abondance et la productivité du phytoplancton.

444. Les auteurs ont estimé, par l'application de modèles, le ratio moyen annuel Chl :C pour l'ultraplancton dans l'ensemble du bassin méditerranéen. Le côté occidental de la mer Méditerranée présente les valeurs les plus importantes, 0,018, dans le Golfe du Lion et dans le sud de la Sardaigne. Le ratio Chl :C le plus faible est détecté dans le bassin extrême-oriental avec environ 0,008. Ils ont également évalué le ratio Chl :C pour le microplancton, donnant des valeurs atteignant la moitié de

celles pour l'ultraplancton. Pour la Méditerranée centrale et ionienne, les valeurs de Chl :C pour l'ultraplancton allaient de 0,01 à 0,04 (Figure 4.5), tandis que, pour le microplancton, les ratios variaient de 0,004 à 0,009. Les plus grandes valeurs tendent à être situées dans la moitié occidentale de la région étudiée et en particulier le long de la côte tunisienne.

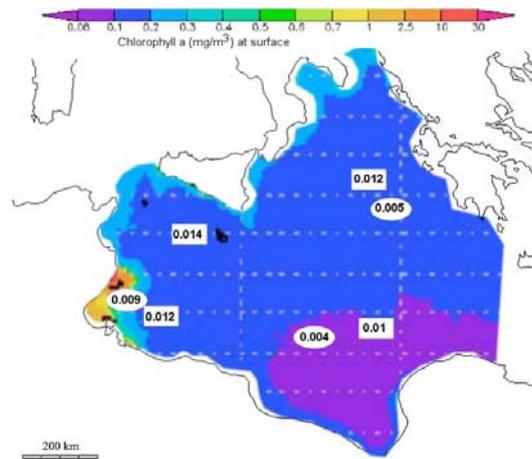


Figure 4.5 : Niveau moyen de chlorophylle a entre août 2002 et décembre 2008 (Cruzado 2009). Les valeurs affichées dans les rectangles indiquent les ratios annuels de chlorophylle/carbone relatifs au plancton et celles dans les éclipses indiquent les mêmes ratios pour le microplancton (Pacciaroni et Crispi 2007)

445. Dans la mer Ionienne sud et centrale et dans la Méditerranée extrême-orientale, les valeurs de chlorophylle sont généralement bien en-dessous de  $0,05 \text{ mg/m}^3$  (Figure 4.5). Ces modèles montrent également des signes de chlorophylle près de la surface au-dessus du nord-ouest et du sud de la Sicile. Malheureusement, de tels modèles n'ont pas couvert de nombreuses zones côtières du sud de la Méditerranée (y compris la Libye).

446. Les mêmes modèles ont également été utilisés pour évaluer les profils verticaux (jusqu'à 200 m de profondeur) de la répartition de chlorophylle le long de transects sélectionnés de la Méditerranée, l'un d'entre eux allant du golfe de Gabès à l'est. Le résultat suggère un maximum de chlorophylle de  $0,2 \text{ mg/m}^3$  à une profondeur de 100 à 40 m en partant du golfe de Gabès et en longeant le golfe de Syrte avec des valeurs de  $0,15 \text{ mg/m}^3$ . Les auteurs ont évalué des valeurs allant de  $9,9$  à  $10,4 \times 10^{-8} \text{ umol/dm}^3/\text{s}$  pour les nitrates et  $1$  à  $2,9 \text{ umol/dm}^3/\text{s}$  pour les phosphates dans la Méditerranée centrale.

447. Ces valeurs sont intermédiaires entre celles des bassins occidentaux et orientaux. La Figure 4.6 indique la répartition de particules de carbone en février 2010 tel que visualisé et analysé par le système de données en ligne Giovanni, développé et mis à jour par la NASA GES DISC. En dépit de son étendue limitée dans le temps (représentant la situation sur un seul mois), cette figure indique, en général, les caractéristiques de la bioproduction dans la région étudiée telles qu'identifiées dans le compte-rendu ci-dessous.

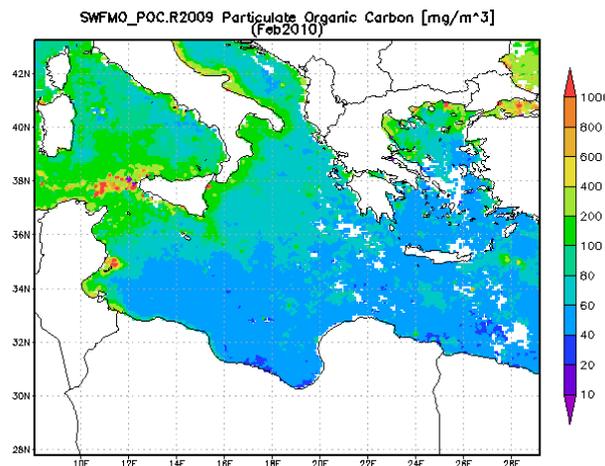


Figure 4.6 : Carbone organique particulaire tel qu'enregistré en février 2010. Les analyses et visualisations ont été produites avec le système de données en ligne Giovanni, développé et mis à jour par la NASA GES DISC

#### 4.2.4 Description générale du bassin-versant en lien avec l'analyse

448. Les bassins-versants de la sous-région méditerranéenne centrale couvrent la région de façon sensiblement inférieure à celle de la Méditerranée occidentale, mais la dégradation dans les lignes de partage des eaux a encore un effet significatif sur la biodiversité, la productivité et la prestation de services écosystémiques côtiers et marins. Les bassins-versants de cette sous-région sont illustrés par la Figure 4.7 ci-après.



Figure 4.7 : Bassins-versants se déversant dans la Méditerranée centrale et la mer Ionienne (étendue du bassin en orange, PNUE/PAM — CAR/PB, 2009)

449. La sous-région méditerranéenne centrale compte environ 5 700 km de côtes, ce qui représente 12,4 % du total de la côte méditerranéenne. Les caractéristiques physiques et topographiques de la région varient fortement, des plages de sable relativement longues de Libye à la côte ionienne vallonnée de la Grèce. Contrairement au reste du bassin méditerranéen, les montagnes ne sont pas particulièrement évidentes dans cette région, excepté l'Etna en Sicile. Des plaines alluviales relativement significatives se trouvent en Tunisie, associées à la rivière Medjerda qui se déverse dans le golfe d'Utique et qui forme, avec la lagune de Ghar el Melh, des terrains marécageux d'une importance cruciale. Les principales zones humides se trouvent également le long de la côte grecque, comme la lagune de Gialova à Pylos, Messinias.

### **4.3 Caractéristiques biologiques**

#### **4.3.1 Description des communautés biologiques de colonne d'eau**

450. Comme la sous-région occidentale, la sous-région méditerranéenne centrale et ionienne est caractérisée par une forte densité des espèces et de l'habitat. Comme l'ensemble de la Méditerranée, les points névralgiques de biodiversité dans la mer Ionienne et la Méditerranée centrale sont caractérisés par des niveaux relativement élevés d'endémisme. Cette grande diversité biologique doit être rapportée aux caractéristiques géomorphologiques et hydrographiques spécifiques du bassin méditerranéen, à son histoire géologique et à sa position en tant qu'interface entre les biomes tempérés et tropicaux qui lui permet d'accueillir aussi bien des espèces aimant le froid que des espèces aimant le chaud (PNUE/PAM-CAR/PB, 2009).

451. La Méditerranée centrale connaît actuellement un déclin du nombre d'espèces et une détérioration des habitats, liés aux diverses activités d'origine humaine, à l'urbanisation et au développement côtier incontrôlés du passé, à la pisciculture, à la pollution et à la pêche.

452. De façon globale, dans la mer Ionienne et la Méditerranée centrale, l'élément planctonique (phytoplancton et zooplancton) demeure peu étudié. En général, la Méditerranée est principalement caractérisée par une production réduite liée au faible développement des plus hauts niveaux de la chaîne trophique, avec une production de poissons limitée. La croissance de l'oligotrophie de l'ouest à l'est est reflétée par l'abondance de la biomasse zooplanctonique.

453. L'efflorescence/la prolifération de certaines formes de vie dans la sous-région est devenue de plus en plus commune au cours des toutes dernières années, en particulier dans le golfe de Gabès, dans la région sud de la Tunisie.

454. Les eaux du large de la mer Ionienne et de la mer Égée sont oligotrophiques, tandis que les zones côtières dans la partie grecque de la sous-région méditerranéenne centrale sont mésotrophes (Gotsis-Skretas et Ignatiades, 2007 ; Siokou-Frangou *et al.*, 2005). L'abondance et la biomasse du mésozooplancton et la composition des espèces en Grèce présentent les mêmes tendances que le reste de la Méditerranée ; des baies et des golfes fermés ou semi-fermés sont touchés par des apports anthropogéniques, comme Amvrakikos (mer Ionienne), et Thermaikos et la baie d'Éleusis sont les plus productifs tandis que dans les eaux du large, la mer Ionienne est caractérisée par des valeurs de faible abondance du mésozooplancton.

455. Aucune étude approfondie du plancton n'a été menée sur la côte libyenne, mais une étude réalisée sur cette côte (Med-Sud-Med 2006) a souligné que le phytoplancton de la côte occidentale libyenne était caractérisé par des diatomées et des dinoflagellés abondants, des coccolithophores rares et des silicoflagellées très rares. Une très forte concentration de phytoplancton se trouve dans la région de Musrata où les diatomées sont le phytoplancton dominant, suivis par les coccolithophores et les silicoflagellées ensuite. Comme pour le zooplancton, peu d'études ont été réalisées. L'étude Med-Sud-Med 2006 a porté sur les aires d'emplacements de concentration importante d'ichthyoplancton (œufs et larves de poisson). Les espèces prédominantes enregistrées furent les anchois (*Engraulis encrasicolus*) représentant 51 % des larves collectées, les sardinelles rondes (*Sardinella aurita*) avec 9,6 % des larves et une fraction mineure d'autres espèces (Serranidés, Gobidés et Labridés).

456. Les eaux tunisiennes ont été mieux étudiées. Les espèces de phytoplancton identifiées en Tunisie sont au nombre approximatif de 493 réparties en 11 groupes et principalement dominées par les dinoflagellés (259 espèces) et les diatomées (198 espèces). Dans le golfe de Gabès, la saison estivale est caractérisée par des températures et une salinité élevées, favorise la stratification de la

colonne d'eau et provoque l'apparition d'efflorescences de phytoplancton avec une présence importante de dinoflagellés, de diatomées et cyanobactéries. Des efflorescences de phytoplancton ont été enregistrées dans le golfe de Gabès, avec un événement extrême au cours de l'été 1994. Ces épisodes ont été accompagnés d'une importante mortalité et de nombreux échouages de poissons (anguilles, seiches, etc.). Le phénomène a continué pendant une semaine et une observation microscopique a révélé la prolifération d'une population monospécifique de *Gymnodinium* très similaires aux *Gymnodinium nagasakiense*. Les concentrations les plus élevées sont enregistrées dans l'ordre de  $4 \text{ à } 6 \times 10^7$  cell./l. Dans la région au large des îles Kerkennah, une prolifération de cyanobactéries (genre *Trichodesmium* (appelées « Muffa ») apparaît fréquemment. Généralement dans le golfe de Gabès, les régions confinées ou les lagunes à marée montrent des signes d'eutrophisation, comme le cas de la mer Boughrara où le niveau de chlorophylle a est modéré à assez élevé.

457. La communauté de zooplancton de la côte tunisienne est assez diversifiée, représentée par 269 espèces réparties en 23 groupes dominés par les tintinnés et les copépodes. Dans le golfe de Gabès, le zooplancton est réparti en 11 groupes dominés par les copépodes, qui représentent 69 à 83 % du total du zooplancton. Les deux espèces *Oithona nana* et *Acartia clausi* sont particulièrement abondantes le long de la côte et jusqu'à 50 m de profondeur.

#### 4.3.2 Informations sur la faune de fond invertébrée, les macroalgues et les angiospermes

##### Invertébrés

458. Certaines régions de la Grèce et de la Tunisie sont bien étudiées en ce qui concerne la flore et la faune benthique invertébrée. En Grèce, 220 espèces de polychètes se trouvent dans la mer Ionienne et 13 d'entre elles sont exclusivement rapportées de la mer Ionienne. La plupart d'entre elles habitent un substrat sableux, biogénique et épais reflétant un environnement littoral ou une couverture d'angiospermes très dynamique. 105 espèces d'annélides ont été enregistrées dans les régions est et sud de la Tunisie. Les annélides polychètes sédentaires représentent 64 % du total des annélides contre 35 % des polychètes errants et 1 % d'oligochètes. 83 bryozoaires ont également été identifiés à l'est et au sud de la Tunisie. *Hornera lichenoides* est répertoriée dans l'Annexe II du protocole ASP/BD de la Convention de Barcelone, tandis qu'*Electra posidoniae*, *Pentapora fascialis* et *Reteporellagrimaldii* apparaissent dans la liste spécifique à la Tunisie des espèces à protéger.

459. Contrairement à la mer Égée, la diversité anthozoaire de cette région, et en particulier de ses zones les plus profondes, reste encore à explorer (Vafidis *et al.*, 2006 ; Salomidi *et al.*, 2010). De même, de nombreuses connaissances sur la faune de l'éponge ionienne proviennent des côtes italiennes, tandis que le côté ionien hellénique (à l'est) reste peu connu, avec seulement quelques informations éparses et pertinentes (par exemple Tsoukatou *et al.*, 2003 ; Vacelet *et al.*, 2008). L'étude qui a été réalisée d'Al-Gomas à Musrata sur les éponges dans les eaux libyennes a indiqué de nombreuses espèces comme les espèces économiques *Spongia officinalis* et *Hippospongia communis* et d'autres espèces comme *Arcorina cerebum*, *Axinella* sp, *Petrosia* sp et *Calyx nicaensis* (rapport 2009, MBRC). Les éponges sont représentées de manière inégale entre les régions de la Tunisie ; la région du sud est la plus riche aux niveaux générique et spécifique, avec 115 espèces d'éponges identifiées dans l'est et le sud de la Tunisie. Parmi les éponges de Tunisie, au moins six espèces sont considérées comme des espèces en danger ou menacées dont *Aplysina* sp., *Axinella cannabina*, *Axinella polypoid*, *Geodia cydonium*, *Tethya Ircinia* et *foetida* sp. Dix espèces sont désignées comme protégées par le ASP/DB de la Convention de Barcelone, à savoir *Aplysina aerophoba*, *Axinella polypoid*, *Geodia cynodium*, *Hyppospongia communis*, *Ircinia foetida*, *Spongia agaricina*, *S. officinalis*, *S. zimocca*, *T. citrina* et *Tethya aurantium*.

460. Dans les régions de l'est et du sud de la Tunisie, des études ont révélé la présence de 52 espèces d'échinodermes. Trois espèces sont mentionnées dans la liste de la Convention de Barcelone (*Asterina Panzeri*, *Centrostephanus longispinus*, *Paracentrotus lividus*). Une espèce (*Hacelia attenuata*) et le type *Holothuria* sont sur la liste des espèces à protéger spécifique à la Tunisie. Seul *Centrostephanus longispinus* est considéré comme menacé dans la Méditerranée (annexe I du protocole ASP/DB).

461. Dans une récente évaluation de la faune décapode des eaux helléniques (Kitsos *et al.*), un total de 250 espèces ont été enregistrées avec la prédominance de vrais crabes (brachyura) suivis par les crevettes carides et les anomoures (bernard l'ermite, galathées). Dans la partie supérieure du

versant de la mer Ionienne, 30 espèces de décapodes méga-faunaux ont été découvertes à partir de captures au chalut. Celles présentes en abondance sont les crevettes *Parapenæus longirostris* et *P. heterocarpus*. Les principaux secteurs de pêche hellénique de langoustine *N. norvegicus* se trouvent dans la mer Ionienne. Dans la zone entre 500 et 700 m, la crevette géante rouge *A. foliacea* et la crevette pandalide *P. martia* prédominent les captures expérimentales de la mer Ionienne. Les premières espèces et la crevette bleu et rouge *Aristeus antennatus* sont les décapodes dominants trouvés dans la zone entre 700 et 900 m 37 espèces de crustacés ont été enregistrées (6 isopodes, 23 décapodes, 7 amphipodes et 1 balanomorphe). Au total, 167 espèces de crustacés ont été identifiées dans le golfe de Gabès. Deux espèces d'amphipodes et d'isopodes et 10 inventoriées dans le golfe, sont exotiques. Les experts tunisiens considèrent *Penaeus kerathurus* comme une espèce à protéger, tandis que *Maja squinado* est sur la liste de l'Annexe III du protocole ASP/DB de la Convention de Barcelone.

462. Au total, 1 160 espèces de mollusques ont été enregistrées jusqu'à présent dans les mers helléniques avec une tendance à la hausse des espèces bivalves plus évidente depuis 1980. 21 espèces de mollusques (en dehors des céphalopodes) présentent un intérêt commercial particulier dans la pêche et l'aquaculture, car elles sont collectées et/ou cultivées pour la consommation de l'Homme. L'évaluation de la population existe seulement pour quelques espèces comme *Pinna nobilis*, *Lithophaga lithophaga*, *Donacilla cornea* dans les eaux helléniques, et ceci uniquement à une échelle locale.

463. Environ 24 espèces de céphalopodes ont été enregistrées sur la côte libyenne (Ben Abdalha *et al.*, sous presse), appartenant à huit familles et trois ordres. Bien que la plupart de ces espèces soient commerciales et aient une valeur économique sur le marché libyen, aucune étude complète de ces espèces n'a été réalisée jusqu'ici. Dans la partie ouest de la côte libyenne, 38 espèces de mollusques ont été découvertes dans les zones rocheuses (27 gastéropodes, 10 bivalves et 1 polyplacophore).

464. À l'est et au sud de la Tunisie, 328 espèces de mollusques ont été enregistrées, réparties en 188 escargots, 126 bivalves, 6 polyplacophores, 4 scaphopodes et 4 céphalopodes. Sept espèces ont une valeur patrimoniale et sont protégées, à savoir *Luria lurida*, *Tonna galea*, *Zonaria pyrum*, *Pinna nobilis*, *Pinna rudis*, *Haliotis tuberculata* et *Spondylus gaederopus*. 30 espèces introduites sont signalées dans le golfe de Gabès, à savoir *Cellana radiata radiata*, *Crepidula fornicata*, *Cerithium scabridum*, *Erosaria Turdus*, *Bursatella leachii*, *Acteocina mucronata*, *Chromodoris quadricolor*, *Melibebe viridis*, *Musculista senhousia*, *Crasostrea gigas*, *Pinctada radiata*, *Fulvia fragilis* et *Ruditapes philippinarum*. Parmi elles, les coquillages, poulpes, seiches, calmars, palourdes et escargots sont couramment utilisés comme produits de la pêche dans cette région.

465. On trouve 77 espèces d'ascidies dans le golfe de Gabès. Seules quatre espèces sont répertoriées comme espèces tunisiennes devant être protégées : *Clavelina nana*, *Halocynthia papillosa*, *Microcosmus sabatieri* et *Microcosmus vulgaris*. On note deux espèces exotiques, à savoir *Cystodytes philippinensis* et *Microcosmus exasperates*.

#### Macroalgues

466. Des études de cas dans la partie hellénique de la mer Ionienne ont évalué des tendances similaires (163 taxons ; Tsekos et Haritonidis 1977) ou supérieures (265 taxons ; Schnetter et Schnetter 1981) dans la diversité des algues par rapport à la mer Égée.

467. Cependant, la diversité des macroalgues en Libye n'est pas riche. 15 genres (29 espèces) de chlorophytes, 19 genres (34 espèces) de phaeophytes, 76 genres (112 espèces) de rhodophytes et 2 genres de cyanophytes (3 espèces) ont été enregistrés selon Nizamaldein (1979). Des espèces introduites ont également été enregistrées comme *Halophila stipulacea* dans la région marine d'Ain el Gazala, introduites depuis la mer Rouge via le canal de Suez et *Halimeda sp.* Sur des substrats meubles de la mer Ionienne, les angiospermes *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* sont très répandus, tandis que les angiospermes *Zostera noltii* et *Halophila stipulacea* sont limités à des aires spécifiques.

### 4.3.3 Mammifères marins, reptiles et oiseaux marins

#### *Mammifères marins*

468. La mer Ionienne héberge une importante partie de l'ensemble des populations méditerranéennes du cachalot (*Physeter macrocephalus*), du grand dauphin (*Tursiops truncatus*) et du dauphin commun (*Delphinus delphis*). Concernant ce dernier, l'archipel Ionien intérieur, un site Natura 2000 d'Importance Communautaire, fut l'un des derniers lieux dans la Méditerranée centrale où les dauphins communs se trouvaient en abondance (Politi *et al.*, 1999). Cependant Bearzi *et al.* (2008) ont récemment indiqué un déclin dramatique de la population locale de l'espèce (de 150 à 15 individus enregistrés au cours des 13 dernières années), demandant des mesures de gestion directe pour la conservation de cette espèce menacée. Une autre caractéristique rare et exceptionnelle de la faune des cétacés de la mer Ionienne est la présence permanente de groupes mixtes de dauphins bleus et blancs et de dauphins communs à becs courts et même, parfois, de dauphins de Risso dans le golfe semi-fermé de Corinthe (Frantzis & Herzing, 2002). Malgré un manque d'informations sur les eaux libyennes, on sait que huit espèces de cétacés sont présentes en Libye, à savoir : le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*), le cachalot (*Physeter macrocephalus*), le dauphin de Risso (*Grampus griseus*), la baleine pilote (*Globicephala melas*), le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), la baleine à bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), le dauphin commun (*Delphinus delphis*) et le rorqual commun (*Balenoptera Physalus*). Excepté les grands dauphins et les dauphins bleus et blancs, toutes les autres espèces se trouvent principalement au large et rarement près de la côte.

469. Les mammifères observés dans les eaux tunisiennes de la région sont le petit rorqual (*Balænoptera acutorostrata*), le rorqual commun (*Balænoptera physalus*), le dauphin de Risso (*Grampus griseus*), la baleine à bosse (*Megaptera novæangliæ*), le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*), le grand dauphin (*Tursiops truncatus*) ; ces mammifères sont largement pélagiques, certains peuvent se trouver dans les eaux littorales pour leur alimentation. En dehors du dauphin commun, les autres espèces sont rares à très rares.

470. Dans la partie hellénique de la Méditerranée centrale, la population du phoque moine (*Monachus monachus*) représenterait environ 90 % de l'ensemble de la population méditerranéenne (Notarbartolo di Sciara *et al.*, 2009). Bien que la mer Égée soit connue pour être l'une des plus importantes régions pour la conservation mondiale des espèces (Cebrian *et al.*, 1995), environ 15 à 20 % de la population hellénique vit et se reproduit dans la mer Ionienne (Cebrian 1998a). Les meilleures concentrations de phoques étudiées jusqu'à aujourd'hui sont celles trouvées le long du littoral des îles de Zakyntos, Céphanolie, Ithaque et Leucade (Panou *et al.*, 1993 ; Cebrian 1998b).

471. En ce qui concerne le phoque moine, seules quelques observations ont été réalisées pour cette espèce en Libye et la plupart ont eu lieu dans les régions de Tobrouk et du golfe de Bomba (60 km à l'est de Derna) (Norris 1972 ; Sergeant *et al.*, 1978 ; PNUE 2003). Dans la Montagne Verte, deux aires seraient susceptibles d'abriter un éventuel habitat de phoque moine. La première se trouve entre Derna et Rass Ateen et la seconde entre Haboon et Al-Uglah. Les falaises côtières cisailées de ces régions contiennent des caves qui peuvent être utilisées par ces espèces pour se reproduire et se reposer. Un projet est actuellement en cours entre l'EGA, l'IFAW et le PNUE/PAM — CAR/ASP pour placer des pièges photographiques dans les caves sélectionnées afin de surveiller la population (Hamza *et al.*, 2003).

#### *Tortues marines*

472. Trois espèces de tortues marines, à savoir la tortue caouanne *Caretta caretta*, la tortue verte *Chelonia mydas* et la tortue luth *Dermochelys coriacea*, sont présentes dans les mers helléniques. Pour les populations caouannes (*Caretta caretta*) dans la Méditerranée, la Grèce est l'un des principaux sites de nidification (Margaritoulis, 2007). D'après la même source, l'un des lieux présentant la plus forte densité de nids est la baie de Laganas sur l'île Ionienne de Zakyntos. D'autres zones de nidification se trouvent au Péloponnèse (baie de Kyparissia, baie de Lakonikos). Pour les espèces en quête de nourriture, les données disponibles sur la Grèce indiquent que des tortues vertes juvéniles (*C. mydas*) ont récemment été identifiées dans la baie de Lakonikos, en Grèce du sud (Margaritoulis, 2007).

473. Concernant les tortues de mer dans les eaux libyennes, le golfe de Syrte est considéré comme la région la plus importante pour l'alimentation, l'hivernage et la reproduction des tortues au niveau national. Ainsi, l'autorité générale de l'environnement (EGA) a lancé une initiative pour protéger ces plages de nidification à l'ouest de Syrte (programme libyen sur les tortues de mer).

474. Les tortues marines en Tunisie sont principalement présentes à l'est et dans le sud du pays, avec *Caretta caretta* (relativement commune en Tunisie), *Chelonia mydas* (rare) et *Dermochelys coriacea*.

#### *Oiseaux marins*

475. Une étude régulière des oiseaux en Libye visant à recenser les oiseaux hivernants le long de la côte libyenne a démarré en 2005. Ce projet est mené par une équipe locale et internationale et est sponsorisé par l'EGA, le PNUE/PAM, le CAR/ASP et l'AEWA. Les objectifs de ces études (2005 — 2010) étaient d'étudier si une espèce fortement menacée, le courlis à bec grêle, se trouvait dans l'habitat Libyen et de comptabiliser les oiseaux aquatiques hivernant en Libye.

476. La Tunisie est un site d'hivernage important pour les oiseaux aquatiques du Paléartique et un port d'escale primordial pour la migration trans-saharienne-paléartique. Cependant, les études sur la biodiversité des oiseaux aquatiques sont limitées.

#### **4.3.4 Espèces exotiques, non-indigènes et invasives**

477. De la même façon que la destruction de l'habitat est due à la pollution ou aux effets anthropogéniques, l'introduction d'espèces est considérée comme une nuisance et une perturbation pour la biodiversité. Le nombre d'espèces introduites en Méditerranée a augmenté de façon spectaculaire depuis le début du siècle dernier. Leur répartition varie selon les pays. Ils ont surtout été introduits de deux façons : (i) par le transport maritime et la pisciculture et (ii) par le canal de Suez.

478. Dans la mer Ionienne hellénique, 60 espèces exotiques ont été enregistrées, appartenant pour la plupart au zoobenthos (24 espèces) et au phytobenthos (18 espèces). Il manque des études enquêtant directement sur l'impact des espèces exotiques sur la diversité du biote indigène, ainsi que sur l'impact socio-économique des espèces exotiques invasives.

479. 22 espèces de poissons exotiques ont été enregistrées le long de la côte libyenne. La plupart des études se sont concentrées sur les espèces de poissons lessepsiennes, statut, biologie, écologie (Shakman, 2008). Sur la côte libyenne, les poissons herbivores les plus abondants étaient des espèces de poissons indo-pacifiques *S. rivulatus* et *S. luridus*, qui sont plus nombreuses que les espèces natives *S. cretense* et *S. salpa* (Shakman et Kinzelbach, 2007b). Deux espèces ectoparasites *Anilocra physodes* (Linné, 1758) et *Nerocila bivittata* (Risso 1816) appartenant à la sous-famille des anilocres sont les premiers enregistrements de cymothoidés de la faune libyenne.

480. Les introductions enregistrées en Tunisie proviennent principalement du canal de Suez et du détroit de Gibraltar (espèces marines indo-pacifiques et d'origine érythréenne ou de l'Atlantique). Outre le canal de Suez et le détroit de Gibraltar, l'introduction se fait également par l'adhésion ou l'encrassement sur les coques de navires, les eaux de ballast, les fuites de l'aquaculture, les introductions accidentelles et des vecteurs inconnus. Les espèces introduites en Tunisie sont principalement observées dans le golfe de Gabès, qui a subi les conséquences de plusieurs perturbations et modifications des habitats. Les enregistrements d'espèces introduites ont augmenté au cours des dernières décennies, probablement du fait du trafic maritime, des introductions accidentelles ou des eaux de ballast.

#### **4.3.5 Populations de poissons avec leur abondance, leur répartition spatiale et leur structure âge/taile**

481. Les mers Helléniques sont caractérisées par une faune thermophile de poissons tropicaux et subtropicaux provenant de deux sources différentes : i) les vestiges de la mer de Téthys et ii) des immigrants de diverses origines arrivant à différents moments de l'océan Indien et de la mer Rouge (SoHelFi, 2007). Selon la dernière mise à jour de la base de données IMAS-Fish (IMAS-Fish, 2007), le nombre total d'espèces de poissons enregistrées dans les eaux helléniques recueillies à partir d'échantillonnage expérimental et à bord des chaluts, par sennes coulissantes, filets et sennes de plage, depuis 1983, est de 393 (S. Kavadas comm. pers.), dont 300 dans la mer Ionienne (et 365

dans la mer Égée). La taille minimale autorisée pour les pêches et les périodes de fermeture de la pêche pour les espèces sélectionnées sont réglementées par le décret présidentiel 227/03 et la réglementation de l'UE 1967/2006.

482. La plus grande diversité d'espèces de poissons dans la région côtière de la Libye se trouve dans la région orientale (45,65 % correspondant à 42 espèces de poissons), tandis que dans le golfe de Syrte et les régions occidentales, les moyennes sont de 23,91 % et 30,43 % correspondant respectivement à 21 et 28 espèces. Comme pour les requins dans les eaux libyennes, les études réalisées par Ben Abdallha *et al.* (sous presse) répertorient 55 espèces et indiquent que l'activité de la pêche pour ces espèces a été concentrée sur le centre de la côte libyenne de Musrata à l'ouest et jusqu'à Benghazi à l'est.

483. En Méditerranée centrale, la pêche maritime est caractérisée par un grand nombre d'espèces capturées par un attirail de pêche principal (c'est-à-dire de la pêche multi-espèces), ainsi que par une variété d'espèces qui sont exploitées simultanément par différents attirails de pêche (c'est-à-dire de la pêche multi-attirails).

484. La pisciculture est une pratique relativement ancienne dans le bassin méditerranéen. Elle s'est considérablement répandue depuis les années 1990, en particulier la pisciculture marine. Cela implique l'élevage de la dorade royale *Sparus aurata*, du bar commun *Dicentrarchus labrax*, de la moule *Mytilus galloprovincialis* et de l'huître plate *Crassostrea gigas*. La Grèce est le premier producteur de poissons au large dans la sous-région, mais également dans l'ensemble de la Méditerranée avec plus de 120 000 tonnes par an de bar commun et de dorade royale. Quant à l'élevage de mollusques bivalves, les moules et les huîtres plates détiennent respectivement la première et la seconde places.

485. Les évaluations existantes sur la pêche à partir d'études des eaux grecques indiquent que la plupart des stocks existants sont surexploités. Cela provoque des inquiétudes croissantes à l'égard de la durabilité des captures commerciales et de l'écosystème aquatique d'où elles sont extraites, ainsi qu'à l'égard de la sauvegarde du gagne-pain des pêcheurs. L'impact de la pêche sur les ressources benthiques des eaux helléniques pourrait être considéré comme fort pour les profondeurs inférieures à 500 m. La pêche libyenne est peu connue, mais pour pêcher les requins, on utilise un filet maillant spécifique nommé KELLABEL en local, en utilisant les sites de débarquement saisonnier.

486. En Tunisie, la production de la pêche a atteint 100 578 tonnes en 2008 contre 90 039 en 1998, une augmentation de 11 % principalement due aux espèces pélagiques. Les régions de l'est et du sud apportent 87 693 tonnes de captures, ce qui représente 87 % de la production nationale. La flotte active dans cette région compte 10 214 unités actives (90 % de la flotte nationale) et la population marine de cette région compte 43 583 pêcheurs représentant 84 % de la population nationale. Le golfe de Gabès est la région la plus exploitée pour la pêche, suivie par la partie orientale des eaux nationales.

487. Les dernières estimations des ressources pélagiques en Tunisie, réalisées par l'Institut national des sciences et technologies de la mer (INSTM), suggère que la pêche exploite à un niveau inférieur aux rendements durables maximum. En effet, la biomasse exploitable de cette ressource est supérieure à 80 000 tonnes, tandis que la production nationale ne dépasse pas 45 000 tonnes. La situation de sous-exploitation est due à plusieurs facteurs, parmi lesquels l'exploitation des régions de pêche traditionnelles et la faible efficacité des attirails de pêche utilisés.

#### **4.4 Classification et répartition connue des habitats**

488. Le plateau continental méditerranéen possède des habitats riches et importants. Dans le contexte des outils développés par le Centre d'activités régionales pour les aires spécifiquement protégées (PNUE/PAM — CAR/ASP), une liste de référence de 27 types d'habitats benthiques principaux a été établie pour aider les états méditerranéens à élaborer des inventaires des sites naturels dans un intérêt de conservation (PNUE/PAM — CAR/ASP, 2002). Le programme PAS BIO (PNUE/PAM — CAR/ASP, 2003) a identifié parmi ses actions prioritaires la réalisation d'un inventaire complet et intégral des habitats méditerranéens, précisant la répartition spatiale et la cohorte des espèces associée à chaque habitat.

489. *Posidonia oceanica* est endémique de la Méditerranée. L'Annexe I de la directive 92/43/CEE décrit les prairies de *Posidonia oceanica* comme un type d'habitat prioritaire. Les prairies de *Posidonia* n'apparaissent pas dans les régions à faible salinité et à faible pénétration de lumière due à la pollution. Les paramètres écologiques qui affectent la répartition des limites supérieure et inférieure des prairies, ainsi que leur densité, sont la luminosité et les conditions hydrodynamiques. Selon la typologie de la Convention de Barcelone, dans le type d'habitat « prairies de *Posidonia* » (CB type III 5. 1) deux écomorphoses sont décrites : l'écomorphose des prairies rayées (III. 5. 1. 1.) et l'écomorphose des prairies récif-barrière (III. 5. 1. 2.). Un faciès de « mattes » mortes sans trop d'épiflore et une association avec *Caulerpa prolifera* doivent également être ajoutés.

490. Dans cette sous-région, les prairies de zostère marine dominées par *Posidonia oceanica* sont plus étendues dans le golfe de Gabès (Tunisie). Les prairies de *Posidonia* sont également communes dans la mer Égée et sur les côtes Ioniennes. Elles sont présentes en Libye (baie de Bamabah, Farwah, Ain el Ghazala et El-Bardyya, baie d'el Ghazalaha) ; dans les eaux italiennes ; à Malte (Mifsud, 2006) ; et au Maroc près des îles Chafarines (Bazairi, 2010). Les prairies présentes dans le canal Malte-Comino sont denses et ont un degré élevé de densité de pousses, il semblerait qu'il accueille sans doute la plus grande densité de pousses de la Méditerranée (Micallef, S. 1996). La région abrite également les enregistrements les plus profonds de *Posidonia*, à Malte, au large de la côte sud de Comino.

491. Les prairies de *Cymodocea nodosa* sont secondes en importance après *Posidonia*. Ces prairies sont enregistrées dans les mers Égée et Ionienne, où elles se trouvent en grande quantité sur du substrat meuble (Zenetos *et al.*, 2010a et b) ; en Libye (baie d'Al el Ghazalaha) (Shakhman, 2010), en Tunisie (Romdhane, 2010) et à Malte.

492. Les prairies de *Halophila stipulacea* sont restreintes à des zones spécifiques ; elles ont été vues en Grèce (Zenetos *et al.*, 2010a et b) ; et en Tunisie dans le golfe de Gabès (Romdhane, 2010) ; ainsi qu'en Italie centrale en 2006.

493. Les communautés coralligènes constituent le second point névralgique le plus important de biodiversité spécifique en Méditerranée, après les prairies d'algues (Boudouresque, 2004). Les habitats coralligènes et les bioconcrétions (populations pré-coralligènes, coralligènes de plateau, associations avec faciès rhodolites — maërl, association avec faciès rhodolites — *pralines*, association avec faciès rhodolites — *Lithothamnion minervæ*, association avec faciès *Peyssonnelia rosa-marina* — *Peyssonneliaceae* libre et grand faciès bryozoaire des fonds côtiers détritiques) ont été étudiés dans la mer Ionienne. Ils ont également été enregistrés en Tunisie (d'El Haouaria à La Chebba) (Romdhane, 2010) et dans les eaux maltaises où un vaste lit de maërl couvre 20 km<sup>2</sup> de fonds marins à des profondeurs entre 40 et 80 m, au large de la côte nord-est de Malte et Gozo (Borg *et al.*, 1998), tandis que d'autres études ont identifié un autre vaste lit de maërl au large de la partie est de Malte (Dimenech *et al.*, 2004). Les principales algues formant les rhodolithes dans les lits de maërl maltais sont *Lithothamnion corallioides*, *Lithothamnion minervæ* et *Phymatholithon calcareum* (Lanfranco *et al.*, 1999).

494. Des forêts de *Cystoseira* peuvent occuper de grandes zones dans les écosystèmes marins où elles forment des communautés très productives avec une biodiversité remarquable. Les espèces du genre *Cystoseira* sont dans un processus de spéciation qui a donné lieu à de nombreuses variétés au sein d'une seule espèce et ces algues présentent une variabilité morphologique importante. Des forêts de *Cystoseira* ont été notées dans la mer Ionienne en Italie, dans les mers Égée et Ionienne ; dans de nombreuses zones autour des îles maltaises.

495. Des concrétions de *Neogoniolithon brassica-florida* sont connues dans la lagune hypersaline de Bahiret-el-Bibane dans le sud de la Tunisie, où elles peuvent former des habitats de 31 km de long. Cet habitat n'a pas d'équivalent ailleurs dans le bassin méditerranéen.

496. En dehors de ces types d'habitat spécifiques, les connaissances disponibles sur les autres types d'habitat sont extrêmement fragmentaires et très variables dans la Méditerranée centrale et la mer Ionienne (PNUE/PAM — CAR/BP, 2009). Dans la bande côtière, on trouve quelques écosystèmes d'intérêt mondial pour la conservation de la biodiversité, incluant des dunes de sables côtières et des terrains marécageux côtiers, en particulier des lagunes littorales. Les lagunes sont généralement des habitats diversifiés et riches qui méritent des études plus ciblées.

497. Enfin, en haute mer, les fronts thermiques correspondent aux zones de contact entre deux masses d'eau de températures différentes. Ces régions sont souvent le site de mélanges verticaux susceptibles de porter à la surface des sels minéraux qui favorisent le développement du plancton et aident à établir une chaîne alimentaire. Les remontées sont considérées comme étant parmi les écosystèmes les plus productifs du milieu marin.

#### 4.5 Pressions et impacts

498. Dans la sous-région de la Méditerranée centrale, 8,6 millions d'habitants résideraient, selon les estimations, dans un total de 27 centres urbains côtiers ou zones côtières. Parmi ceux-ci, Tripoli est le plus grand centre urbain avec 1 600 000 habitants, Tunis occupant la seconde place avec 720 000 habitants et Benghazi la troisième place avec 670 000 habitants. Du côté européen, la plus grande zone urbaine est celle de Tarente avec 580 000 habitants et Reggio de Calabre avec 570 000 habitants. Cela montre évidemment que les concentrations urbaines les plus peuplées sont situées sur la côte africaine de la sous-région. Sur la côte ionienne grecque, Patras est le plus grand centre urbain avec 220 000 habitants. La Figure 4.8 illustre l'emplacement de ces centres urbains, ainsi que les niveaux relatifs de populations vivant dans ces centres.

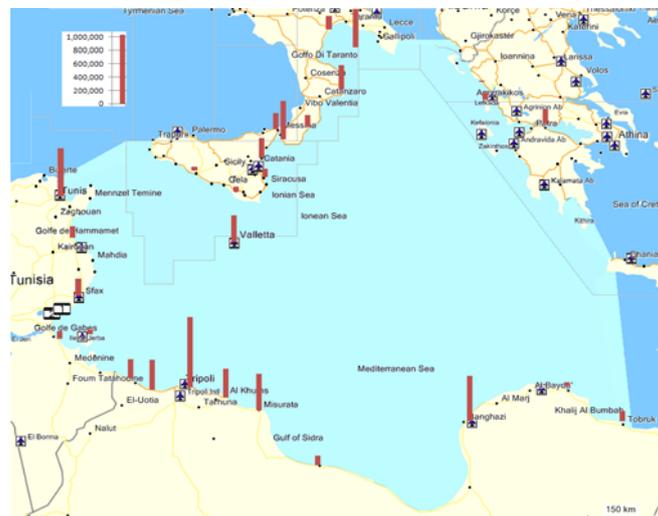


Figure 4.8 : Localisation des principaux centres urbains avec niveaux de populations relatifs dans la région étudiée

##### 4.5.1 Contamination par des substances dangereuses

499. La population permanente le long des régions littorales de la mer Ionienne et de la Méditerranée centrale est de l'ordre de 8 600 000 habitants, résidant dans environ 27 centres urbains ou conglomérats côtiers. Les caractéristiques démographiques de la région ont déjà été étudiées ci-dessus. Par ailleurs, en raison des activités touristiques intenses dans la région, cette population peut doubler en saison estivale. Bien qu'aucune donnée régionale sur les arrivées de touristes ne soit disponible pour le présent rapport, un calcul approximatif à partir des données disponibles et publiées indiquerait que le nombre de touristes pourrait atteindre 15 à 20 millions de visiteurs par an.

500. Dans le cadre du volet de réduction de la pollution de l'initiative euro-méditerranéenne Horizon 2020, LDK-ECO S.A. Environmental Consultants (2006) a examiné les pressions des eaux usées urbaines dans une gamme de pays sud-méditerranéens, dont la Libye et la Tunisie. Alors que les projets d'infrastructure passés ont largement visé l'assainissement des eaux urbaines en Libye, le rapport fait référence à des défauts dans les stations de pompage et d'épuration et à une mauvaise connexion avec les fossés de ruissellement et les canalisations libres, donnant lieu à un manque de traitement approprié des effluents urbains. Au moins jusqu'en 2006, la réhabilitation des usines de traitement était nécessaire pour les deux plus grandes villes, Tripoli et Benghazi, ainsi que pour Janzur, Derna, Khums, Tobrouk et Sabrata.

501. L'entretien des ouvrages civils et mécaniques et le raccordement de l'assainissement du pompage des eaux usées ont été nécessaires pour un certain nombre d'usines de traitement des eaux usées. Le rapport fait également référence à de grandes quantités d'eaux de ruissellement provenant de zones urbaines qui trouvent leur chemin vers la mer via des sorties particulières, comme à Tripoli, ou via des vallées et des cours d'eau naturels, comme à Khums, Al Qarabulli, Tajura et Syrte. En ce qui concerne la Tunisie, le rapport de LDK-ECO S.A. (2006) stipule que les services de traitement des eaux usées y ont été très bien développés. Cependant, jusqu'en 2006, quelques grandes villes ont eu besoin d'une extension pour leur réseau d'égouts (L'Ariana et Ben Arous dans la région tunisienne, Mahdia, Sfax, Gabès et Djerba), où le taux de raccordement est inférieur à 85 %. Par ailleurs, du fait de la croissance rapide de la population urbaine, certaines usines de traitement ne peuvent pas faire face à l'augmentation rapide des flux d'effluents. Par exemple, bien que la grande région de Tunis exploitât une usine de traitement des eaux usées, la croissance rapide de la population a conduit à un déficit de la capacité de traitement de 60 000 m<sup>3</sup> par jour. Il est fort probable que cette situation se soit améliorée depuis 2006.

502. Dans le cadre de la présente évaluation, une tentative a été faite pour estimer le volume approximatif des eaux usées domestiques produites dans la région et la part traitée de celui-ci. Bien que les données disponibles soient insuffisantes dans certains cas, certaines estimations ont été possibles en se basant sur le nombre déclaré de résidents dans ces régions. Par ailleurs, selon les diverses bases de données en ligne de l'UE, pour l'ensemble de l'Italie, 60 % des eaux usées urbaines recevraient actuellement une certaine forme de traitement. À partir de ces informations et des données fournies par les rapports NDA pour les autres pays, le volume total approximatif d'eaux usées urbaines générées dans la région étudiée a été estimé à 765 millions de m<sup>3</sup> par an. Au moins 40 % de ce volume demeure non-traité et une quantité significative rejoint certainement le milieu marin. La Figure 4.9 illustre graphiquement cette évaluation.

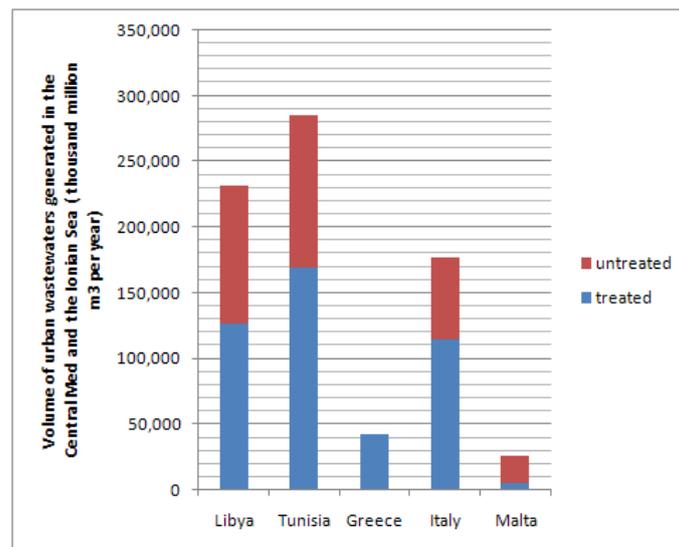


Figure 4.9 : Volume d'eaux usées urbaines (en milliers de millions de m<sup>3</sup> par an) pour les différentes régions bordant la mer Ionienne et la Méditerranée centrale

503. Des effluents industriels affectent également la qualité de l'eau et, dans le cas du phosphore, les effluents industriels dépassent de loin l'importance des effluents urbains.

504. Le PNUE/PAM (2008) a également indiqué la charge totale de certains polluants sélectionnés telle que signalée par l'ensemble des pays méditerranéens par secteur. Les données suggèrent que, comparativement aux rejets sur l'ensemble de la Méditerranée, les taux annuels de rejet d'un nombre important de polluants dans la sous-région ne sont pas significatifs. Cela s'applique particulièrement au mercure, aux phénols, au plomb, au chrome et éventuellement au nickel. D'autre part, les rejets d'hydrocarbures polyaromatiques dans cette région sont bien plus élevés que ceux auxquels on pourrait s'attendre, probablement du fait de l'augmentation du trafic maritime dans la Méditerranée centrale.

505. Les plus importantes sources de rejets de contaminants marins en Méditerranée ont récemment été étudiées par le PNUE/PAM (2008) et le PNUE/PAM — CAR/PB (2009). Comme l'a souligné le dernier rapport, la transmission de données du NBB par les différents états au sein de la Méditerranée présente des lacunes. Cela est particulièrement vrai pour la Méditerranée centrale, car les données sur les rejets industriels des états de la Méditerranée du sud représentaient seulement 11 % de l'ensemble des données reçues par l'unité du PNUE/PAM.

506. En se basant sur les émissions rapportées par le PNUE/PAM — MED POL, dans la région centrale de la Méditerranée, la fabrication de métaux et le raffinage du pétrole, ainsi que les opérations liées au pétrole/carburant sont des sources de pollution plus importantes que la production d'énergie. Comme prévu (en raison du niveau de rareté de l'eau), le secteur industriel du dessalement joue également un rôle assez décisif. De même, l'aquaculture apparaît comme un secteur d'importance croissante. La Figure 4.10 montre l'importance relative des rejets (charges en %) des métaux en traces par les divers secteurs industriels identifiés en Italie (rejets dans la mer Ionienne uniquement), en Libye et à Malte.

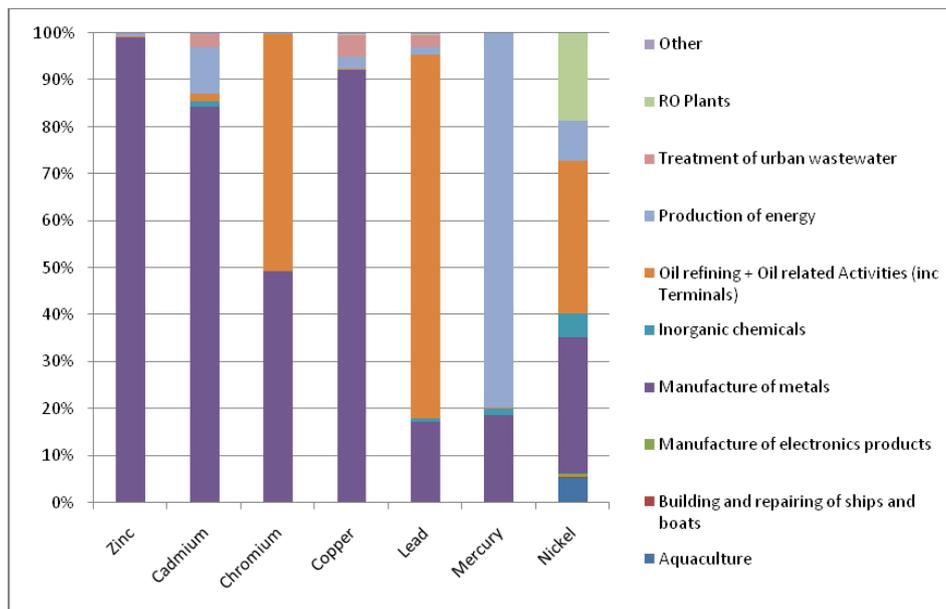


Figure 4.10 : Importance relative des divers secteurs pour le rejet dans le milieu marin de divers métaux en traces (basée sur les données de la mer Ionienne italienne, Malte et la Libye)

507. Comme on pouvait s'y attendre, la plupart des métaux rejetés dans la région résultent principalement de la fabrication de métaux, ainsi que du raffinage du pétrole et/ou des activités liées au pétrole/carburant. Le mercure est principalement rejeté par la production d'énergie, contrairement au reste de la Méditerranée, où les métaux sont principalement rejetés par la fabrication d'engrais (PNEU/PAM, 2008). Comme dans d'autres sous-régions, le dépôt atmosphérique a également une voie d'entrée principale d'apports anthropogéniques de métaux en traces.

508. La Figure 4.11 montre l'importance relative des rejets (charges en %) des principaux autres contaminants par les divers secteurs industriels identifiés en Italie (rejets dans la mer Ionienne uniquement), en Libye et à Malte.

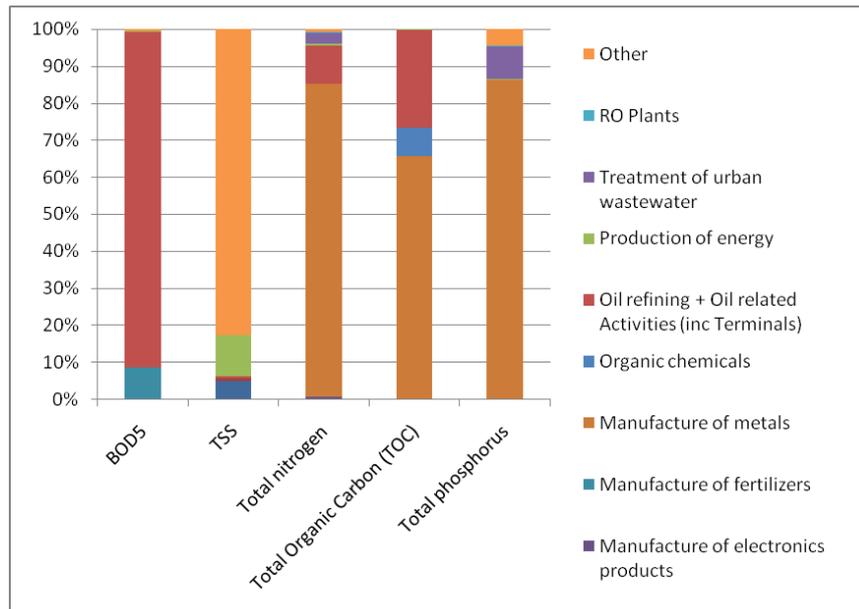


Figure 4.11 : Importance relative des divers secteurs pour les modifications dans le milieu marin concernant la DBO5, les MES, le COT et l'azote total et de phosphore (basée sur les données de la mer Ionienne italienne, Malte et la Libye)

509. La fabrication de métaux engendre le rejet d'un certain nombre de contaminants. Cela n'est pas nécessairement représentatif pour l'ensemble de la sous-région. Par ailleurs, le PNUE/PAM (2008) indique que ce secteur industriel est seulement relativement important pour le rejet de l'azote total, et ce pour l'ensemble de la Méditerranée.

510. Les données disponibles suggèrent que le secteur pétrolier est le principal secteur industriel responsable de rejet de DBO5. Selon le PNUE/PAM (2008), il s'agit également d'une caractéristique importante détectée dans le reste de la Méditerranée (avec l'emballage alimentaire et l'élevage des animaux).

511. L'évaluation suivante des niveaux de contaminants dans l'eau de mer, les sédiments et le biote dans la mer Ionienne et la Méditerranée centrale est principalement basée sur le PNUE/PAM (2008) et le PNUE/PAM — MED POL (2009a). Les deux rapports ont indiqué que le principal problème à prendre en considération était la répartition géographique inégale des données disponibles.

512. La plupart des données sur les métaux en traces sont disponibles pour cinq métaux, à savoir : le cadmium, le mercure, le plomb, le zinc et le cuivre. Le PNUE/PAM — MED POL (2009) a produit des figures synoptiques de la répartition des concentrations moyennes de métaux en traces tels que trouvés dans les sédiments marins côtiers et chez les bivalves marins de la Méditerranée (Tableau 4.1). Comme indiqué par le PNUE/PAM (2008), les niveaux élevés de mercure dans les sédiments marins se trouvent plus souvent à proximité immédiate des côtes industrialisées ou fortement urbanisées. Par exemple, les niveaux de mercure dans le golfe de Tarante sont compris entre 40 et 410 ng/g ps dans les sédiments près de la côte et 70 ng/g ps dans les sédiments au large, au centre du golfe (Bucolieri *et al.*, 2006). Une étude approfondie du détroit de Sicile a révélé que les niveaux de mercure variaient de 50 à 70 ng/g ps, avec des échantillons enregistrant des teneurs supérieures avec un maximum atteignant 202 ng/g ps (Di Leonardo *et al.*, 2006). Les valeurs au large étaient comparables aux autres régions méditerranéennes non polluées. De même, les sédiments du détroit d'Otrante ont atteint 78 ng/g ps (Ogrinc *et al.*, 2007). Pareillement, l'étude sur la moule bleue dans le golfe de Tarante a révélé des niveaux de cadmium allant de 0,23 à 0,95 µg/g ps et des concentrations de plomb allant de 1,19 à 4,49 µg/g pas (Cardellicchio *et al.*, 2008).

513. D'autres données sont disponibles pour les métaux en traces dans les sédiments de Malte, Lampedusa et, dans une moindre mesure, Linosa. Les niveaux les plus élevés de tels contaminants dans les sédiments étaient associés à la principale évacuation des eaux d'égout à Malte. Cela

représente actuellement le rejet de 80 % du total des déchets liquides (eaux domestiques et industrielles) générés à Malte, non traités dans le milieu marin. Sur les métaux en trace évalués, les niveaux de zinc sont généralement élevés, probablement du fait de facteurs naturels. Pour le cas du mercure dans les sédiments marins à Malte, Lampedusa et Linosa, les niveaux étaient relativement faibles, sauf pour certains niveaux maximum aberrants signalés à proximité immédiate de l'évacuation principale (Figure 4.12)

Tableau 4.1 : Métaux en traces dans les sédiments et le biote : valeurs (et plages) médianes ( $\mu\text{g/g}$  ps) (PNUE/PAM-MED POL 2009a)

Méditerranée centrale	<b>Cd</b>	<b>Total-Hg</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>
Sédiments	0,53 (0,38-0,65)	0,05 (0,01-6,00)	4,3 (0,33-50,4)	34,4 (0,05-176)	5,14 (0,29-52,9)
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	0,44 (0,13-3,40)	0,18 (0,01-7,00)	0,81 (0,07-5,36)	87 (11,6-565)	9,32 (1,36-70,5)

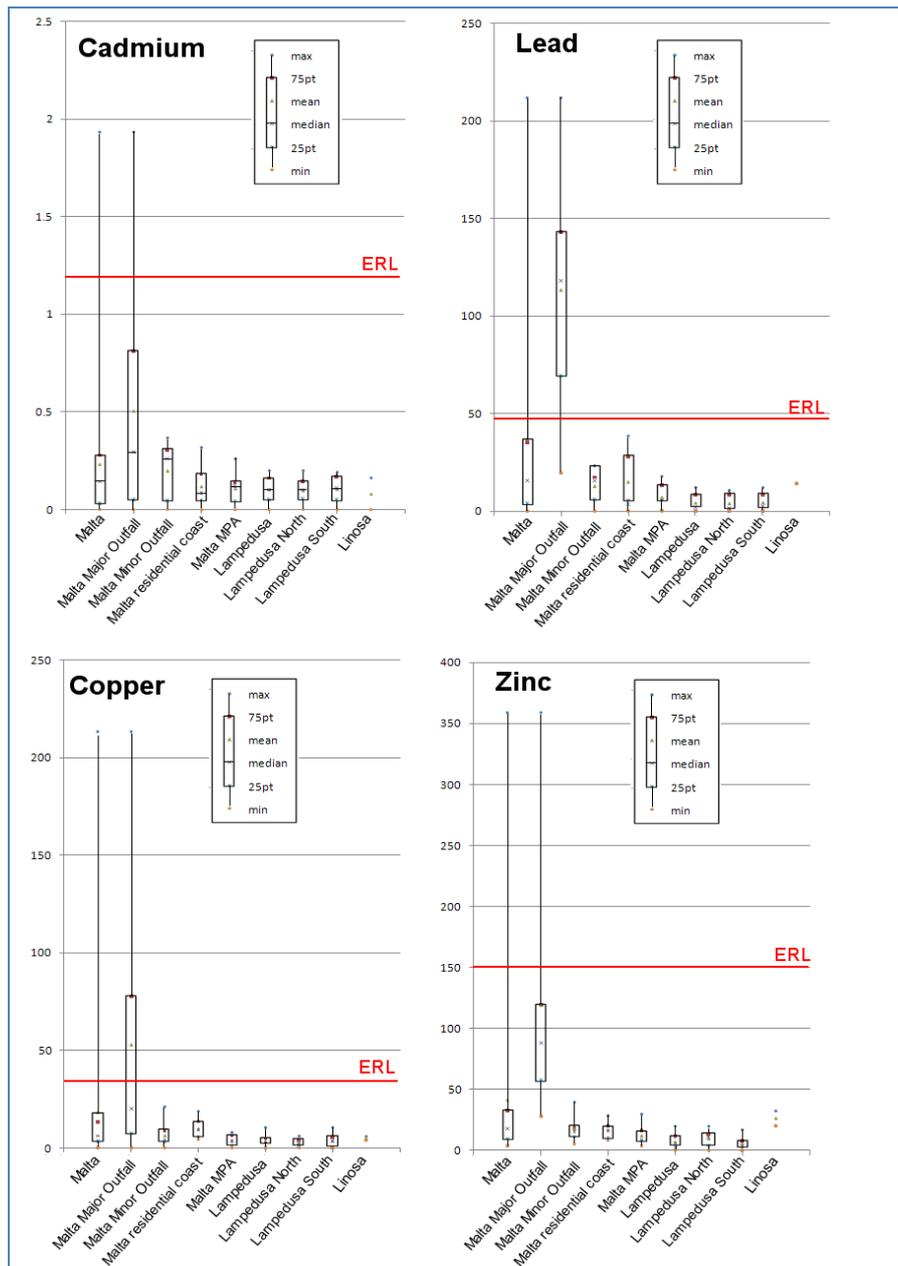


Figure 4.12 : Niveaux de métaux en traces dans les sédiments marins superficiels ( $\mu\text{g/g ps}$ ) dans trois îles dans la Méditerranée centrale : Malte, Lampedusa et Linosa, ainsi que dans des localités spécifiques sur ces trois îles

514. Des organoétains ont été utilisés pour une grande diversité d'applications, généralement du fait de leurs effets biocides. L'un des plus connus est le tributylétain (TBT) qui a récemment été utilisé comme agent antisalissure pour les navires et bateaux (parmi d'autres applications).

515. Le TBT est l'un des biocides les plus puissants à pouvoir atteindre le milieu marin et garantir, en tant que tel, un aperçu plus détaillé des données disponibles. Le PNUE/PAM (2008) a examiné la plupart des données disponibles sur les organoétains en général et plus spécifiquement sur le TBT. Cette étude a montré que la plupart des données disponibles pour la Méditerranée provenaient du bassin occidental (en particulier de l'Espagne) et de l'Égypte. Pour la Méditerranée centrale, Axiak *et al.* (2000) ont indiqué que les deux principales sources de la contamination marine par le TBT à Malte étaient les chantiers de réparation de navires et les marinas. Il a été constaté que, dans l'eau de mer, les valeurs de TBT allaient de la limite inférieure de détection de 5 ng Sn/l à 300 ng Sn/l ; dans les sédiments dérivant des aires les plus polluées, des concentrations de TBT atteignant 1 500 ng Sn/l ont été mesurées comme le montre la Figure 4.13.

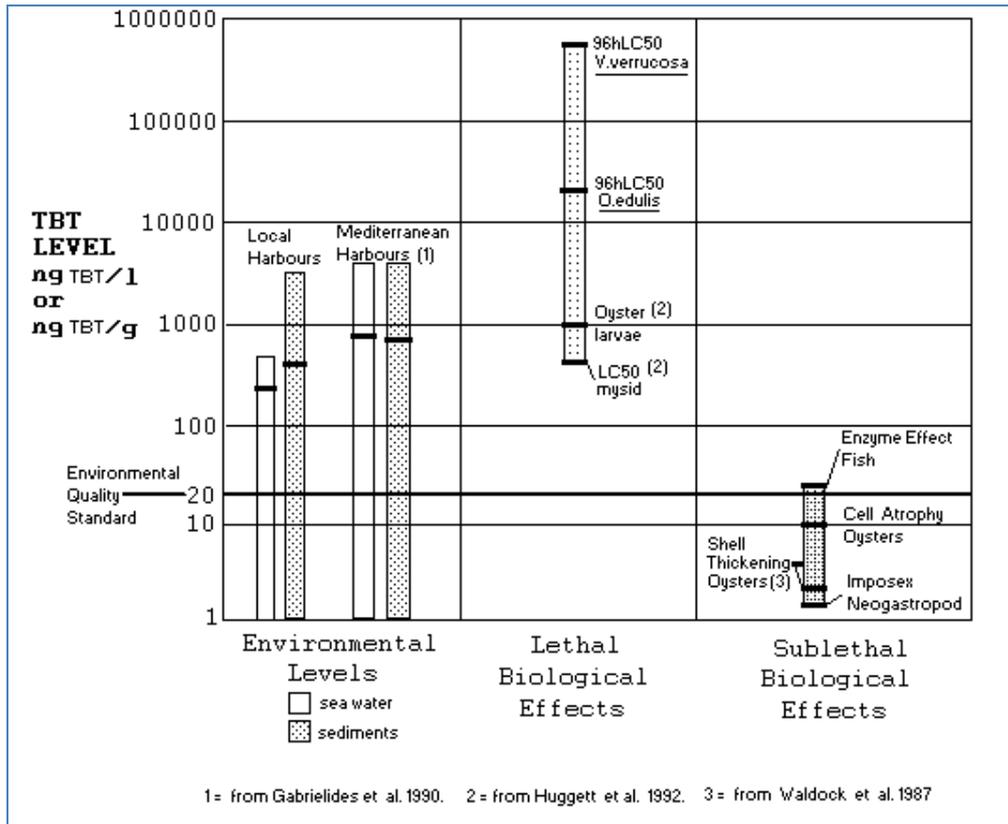


Figure 4. 13 : Résumé des niveaux environnementaux de TBT comme constatés en 1996-1998 (plages et moyennes) et de leur impact biologique (source : Axiak *et al.*, 2000)

516. Selon les données du PNUE/PAM-MED POL (PNUE/PAM — MED POL 2009a), la Méditerranée centrale et la mer Ionienne sont relativement exemptes de points névralgiques d'hydrocarbures chlorés chez les bivalves marins, du moins selon les données disponibles actuellement. Des niveaux médians inférieurs ont également été estimés pour le total des DDT et pour le lindane chez les bivalves *Mytilus*, comparativement aux niveaux médians dans d'autres sous-régions méditerranéennes. (Tableau 4.2)

Tableau 4.2 : Composés chlorés chez *Mytilus galloprovincialis*. Valeurs (et plages) médianes (ng/g ps)

Méditerranée centrale	Σ DDT	Lindane	CB138	CB153	Σ7CB
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	10,24 (0,40-26,0)	0,11 (0,1-1,40)	5,00 (0,30-23,0)	4,27 (0,70-38,0)	

517. Le PNUE/PAM (2008) a examiné les niveaux de diverses formes d'hydrocarbures halogénés au sein de la Méditerranée, dont les DDT et d'autres pesticides halogénés, des paraffines chlorées, des composés perfluorés, des ignifugeants bromés, des dioxines et des furannes, ainsi que des polychlorobiphényles. Dans cette étude, un certain nombre d'études de cas (souvent de nature temporaire, plutôt que donnant lieu à une surveillance à long terme) est passé en revue. Quelques études de cas qui relèvent de la zone étudiée ont été identifiées.

518. Les concentrations de PCB dans les sédiments non pollués de régions éloignées de la Méditerranée sont de 1 à 5 ng/g ps (eq. aroclor) (Tolosa *et al.*, 1995, Gómez-Gutiérrez *et al.*, 2007)., Les niveaux de PCB dans le poisson *Thunnus thynnus* étaient de 1,0 à 2,2 ng/g (ph) (526 ng/g poids lipide). Dans le détroit de Mersina (Di Bella *et al.*, 2006 ; Storelli *et al.*, 2008) et dans la mer Ionienne de 5,3-35,0 ng/g ph (Storelli *et al.*, 2008) à 224-660 ng/g ph (Kannan *et al.*, 2002, in Storelli, 2008).

519. Les niveaux de dioxines et de furannes (dibenzo-p-dioxines polychlorée et dibenzofurannes) chez la crevette *Aristeus antennatus*, en 2001, tels que mesurés dans la mer Ionienne occidentale et orientale, étaient de 61 à 206 pg/g poids lipide (Rotland *et al.*, 2006) et généralement inférieurs ou comparables à ceux mesurés le long des eaux côtières catalanes et baléariques (153 à 416 pg/g poids lipide). Les récents résultats des expérimentations d'« observation de moules », ainsi que la surveillance chimique des sédiments, à Lampedusa, Linosa et Malte (Scarpato *et al.*, en préparation), suggèrent que, sauf dans le voisinage immédiat de l'évacuation principale des eaux d'égout à Malte, les niveaux de PCB, de pesticides chlorés et d'autres hydrocarbures halogénés sont faibles et souvent inférieurs à la limite de détection.

520. La plupart de ces hydrocarbures halogénés atteignent souvent le milieu marin par le débit fluvial, le ruissellement côtier (en particulier des terres agricoles pour les pesticides), ainsi que des évacuations des eaux d'égout (en particulier lorsque les eaux usées industrielles sont rejetées dans les égouts publics). Le compte-rendu ci-dessus suggère que les niveaux de ces contaminants peuvent être élevés à proximité immédiate de sources probables (comme identifiées ci-dessus), comme le long des zones littorales très industrialisées, le long des côtes ioniennes et siciliennes. Cependant, la sous-région dans son ensemble est relativement dépourvue de points de contamination.

521. Les hydrocarbures polyaromatiques (HAP) sont souvent liés au pétrole brut et aux carburants et produits pétroliers. Bien qu'il existe un large éventail de sources terrestres éventuelles pour ces contaminants marins, les plus évidentes sont le trafic maritime et les rejets chroniques (au cours d'opérations normales) et accidentels de pétrole et autres carburants, les raffineries de pétrole et les terminaux pétroliers/de carburant, ainsi que les retombées atmosphériques à partir de sources terrestres ponctuelles et diffuses. Les solvants et dégraissants industriels peuvent également être considérés comme des sources importantes de ces hydrocarbures.

522. Les HAP sont souvent associés à des sédiments marins superficiels, en particulier dans les ports et près des complexes industriels côtiers. Le PNUE/PAM (2008), lors de l'examen des HAP dans les sédiments marins de plusieurs localités méditerranéennes, a indiqué que  $\Sigma 17\text{PAH}$  dans la région côtière de Sfax (Tunisie) allait de 113 à 10,720 ng/g ps (Zaghdem *et al.*, 2007) et dans la lagune de Bizerte (Tunisie)  $\Sigma\text{PAH}_{16}$  allait de 83 à 444 ng/g ps, (Trabelsi I Driss, 2005).

523. Des preuves supplémentaires suggèrent que les niveaux d'hydrocarbures pétroliers à proximité des raffineries de pétrole et des terminaux pétroliers sont souvent très élevés. Zrafi-Nouira *et al.* (2008 a,b) ont signalé des niveaux d'hydrocarbures totaux de 46 à 76 mg/l dans les échantillons d'eau de mer et de 28 à 102 mg/l dans les extraits d'eau dans la région côtière de Jarzouna, Bizerte (Tunisie), qui est l'une des principales raffineries de pétrole de la région. Les sites les plus proches de la raffinerie de pétrole se sont avérés être contaminés de façon chronique par des hydrocarbures pétroliers totaux en se basant sur les biomarqueurs aliphatiques.

524. Zaghdmn *et al.* (2005) ont également indiqué des niveaux très élevés d'hydrocarbures non aromatiques dans les sédiments marins superficiels de Sfax, Tunisie, avec des plages de 310 à 1 406  $\mu\text{g/g}$  ps. Les mêmes auteurs suggèrent qu'une telle condition est due au rejet marin d'effluents industriels non traités. Des situations similaires doivent se produire à proximité des autres raffineries en Libye et en Sicile. Cardellicchio, *et al.*, (2007) ont analysé un éventail de contaminants marins dans les sédiments de surface de diverses stations à Mar Piccolo, à Tarante. Les concentrations totales de HAP variaient de 380 à 12 750  $\mu\text{g/kg}$  ps, ces niveaux étant considérés comme supérieurs à ceux trouvés dans les autres régions côtières de la mer Méditerranée. Pour les HAP, les ratios poids moléculaire faible/poids moléculaire élevé, phénanthrène/antracène et fluoranthène/pyrène ont été utilisés pour distinguer les origines pyrolitiques et pétrolières. Les résultats ont montré que les HAP étaient principalement d'origine pyrolitiques.

525. Bouloubassi *et al.* (2006) ont également montré que les sédiments des eaux profondes et libres de Méditerranée semblent agir comme un piège significatif pour les HAP. Les concentrations moyennes totales de HAP étaient de 593 +/- 284 ng/g à 250 m et 551 +/- 198 ng/g à 2 850 m. Les flux totaux de HAP étaient en moyenne de 73 +/- 58 ng/m<sup>2</sup>/j à 250 m et 53 +/- 39 ng/m<sup>2</sup>/j à 2 850 m. Les niveaux de contamination, et donc l'exposition des organismes marins aux HAP, étaient comparables dans les eaux profondes et de surface.

526. Les nappes de pétrole, petites à moyennes, et le goudron flottant pélagique et côtier sont une caractéristique commune des eaux de surface de la sous-région. Golik *et al.* (1988) ont fait état

d'une étude de suivi de 101 stations dans la mer Méditerranée en août et septembre 1987, où des échantillons de goudron flottant ont été recueillis, à l'aide de filets à neuston. Les auteurs ont conclu que le golfe de Syrte, où la teneur moyenne en goudron était enregistrée à 6 859 µg/m<sup>2</sup>, avait le plus haut niveau de pollution par nappes de pétrole. La zone présentant les niveaux de pollution suivants se trouvait dans le bassin extrême oriental avec des valeurs moyennes inférieures d'au moins 75 %. Les zones les moins polluées se trouvaient dans la Méditerranée occidentale, 236 µg/m<sup>2</sup>, et dans le nord de la mer Ionienne à l'est, à mi-chemin entre Crète et Chypre, avec une concentration moyenne de goudron de 150 µg/m<sup>2</sup>.

527. Aux quatre principaux terminaux pétroliers libyens dans la région (Tripoli, Misurata, Khoms et Zawia), il n'existe aucune installation de réception des déchets, sauf pour celui de Tripoli, qui, d'après le REMPEC, manque d'installations de réception et de traitement adaptées et organisées pour les déchets pétroliers (REMPEC, 2005).

528. Selon le Centre commun de recherche de la Commission européenne/IPSC (2006), la région entre la Sicile et Malte est un lieu important de pollution concernant les nappes de pétrole en Méditerranée. Une récente étude par Heber, 2009, a tiré la même conclusion. L'auteur explique comment, depuis 2008, l'Agence européenne pour la sécurité maritime a reçu des États membres des clichés de leur zone de surveillance permettant de repérer les éventuelles nappes de pétrole. En 2007 et 2008, REMPEC a collaboré avec l'Agence spatiale européenne pour le projet MARCOAST afin de répertorier 454 cas éventuels de rejet.

529. Des cartes de densité des nappes de pétrole dérivées des images satellite pour l'ensemble de la Méditerranée ont été produites par divers auteurs (par ex. Tarchi *et al.*, 2006 ; Ferraro *et al.*, 2007). En général, ces études ont tiré les conclusions suivantes :

- Les zones au large, souvent au-delà des eaux territoriales, sont fréquemment exposées à des niveaux élevés d'incidents de déversements de pétrole. Cela suggère que ces déversements sont dus à des rejets illégaux et délibérés en haute mer.
- Au niveau sous-régional, la plupart des déversements de pétrole se situent souvent le long du principal axe maritime est-ouest, le long du canal sicilien et, en particulier, entre Malte et la Sicile, ainsi que sur le tronçon ionien entre la Sicile et la péninsule du Péloponnèse. On trouve également des déversements de pétrole considérables le long des eaux ioniennes au large de l'ouest de la Grèce et dans le détroit d'Otrante. Ces derniers découlent le plus probablement du trafic maritime important vers et depuis l'Adriatique.
- Le golfe de Syrte et les eaux tunisiennes sont souvent décrits comme ayant des niveaux de déversements de pétrole relativement faibles. Cela est peut-être dû au nombre relativement réduit d'images disponibles pour l'analyse de cette zone.

530. La principale source d'émission de rejets de radionucléides dans le milieu marin serait des réacteurs nucléaires opérationnels ou actifs utilisés pour la production et/ou la recherche d'énergie. À l'heure actuelle, la sous-région est relativement exempte de telles sources. Cependant, les concentrations de <sup>137</sup>Cs dans les moules (*Mytilus galloprovincialis*) de la Grèce occidentale (Préveza) étaient relativement élevées (0,20 Bq/Kg poids humide) par rapport à des stations en Tunisie (Bizerte et Korbous 0,012 Bq/Kg poids humide) ou d'autres stations le long de la côte méditerranéenne (Thebault *et al.*, 2008) et pourraient être liées à la signature des retombées de l'accident de Tchernobyl. De même, dans la colonne d'eau du golfe de Patras (Grèce), les niveaux de <sup>137</sup>Cs sur la période 2004-2006 variaient de 1,2 à 6,7 Bq/m<sup>3</sup> (Evangelou 2009).

531. Le PNUE/PAM — MED/POL/OMS (2008) a réalisé une évaluation à l'échelle du bassin de l'état de la pollution microbienne dans la mer Méditerranée. Le rapport donne un avis sur les éventuelles sources d'agents pathogènes dans les eaux littorales et les sédiments, ainsi que les diverses normes bactériologiques pour les eaux de baignade dans différents pays membres ou non de l'UE et ces détails ne seront pas répétés ici. Le même rapport indique que, pour la Grèce, en 2005, l'ensemble des 2 006 points d'échantillonnage étaient conformes aux normes nationales. Pour l'Italie, en 2005, seulement 6,2 % des 4 919 stations échantillonnées ne satisfaisaient pas les normes nationales (UE). Dans le cas de Malte, en 2005, l'ensemble des 87 stations échantillonnées répondaient aux normes UE.

532. Quant à la Libye, le nombre de stations échantillonnées était assez faible (30) par rapport à la longueur de la côte. Sur ces 30 stations, 10 % ne satisfaisaient pas les normes nationales (UE). Pour la Tunisie, sur un total de 506 stations échantillonnées en 2007, 10 % ne répondaient pas aux normes nationales. Considérant que la Méditerranée centrale est la principale voie de circulation entre l'est et l'ouest de la Méditerranée et que la mer Ionienne est l'accès vers et depuis l'Adriatique, il n'est pas surprenant de conclure que la région étudiée reçoit plus que sa part de pressions issues de ces activités maritimes.

533. En ce qui concerne la mer Ionienne et la Méditerranée centrale, les principaux ports sont Patras et Corinthe en Grèce, Gioia Tauro et Augusta en Italie, le Grand Port et Marsaxlokk à Malte, le port de Tunis en Tunisie et les ports de Tripoli, Misurata et Bardia en Libye. Depuis 1997, Gioia Tauro a été l'un des points de mire du développement du commerce de conteneurs dans la région. Gioia Tauro et Augusta représentent deux des principaux ports méditerranéens qui reçoivent les plus grands navires, tandis que le Grand Port à Malte est l'un des ports régionaux où les plus petits navires font escale. La Figure 4.12 indique les principales voies de circulation maritime pour la région en 2006. En outre, une voie de circulation principale pour les porte-conteneurs (plus de 190 passages par an) longe le canal de Sicile. Par rapport à l'emplacement des déversements de pétrole à travers la Méditerranée, il devient évident que la cause principale des déversements signalés le long de ces voies est le déversement illégal des huiles de cale et d'autres « pertes opérationnelles », plutôt que le déversement accidentel des navires.

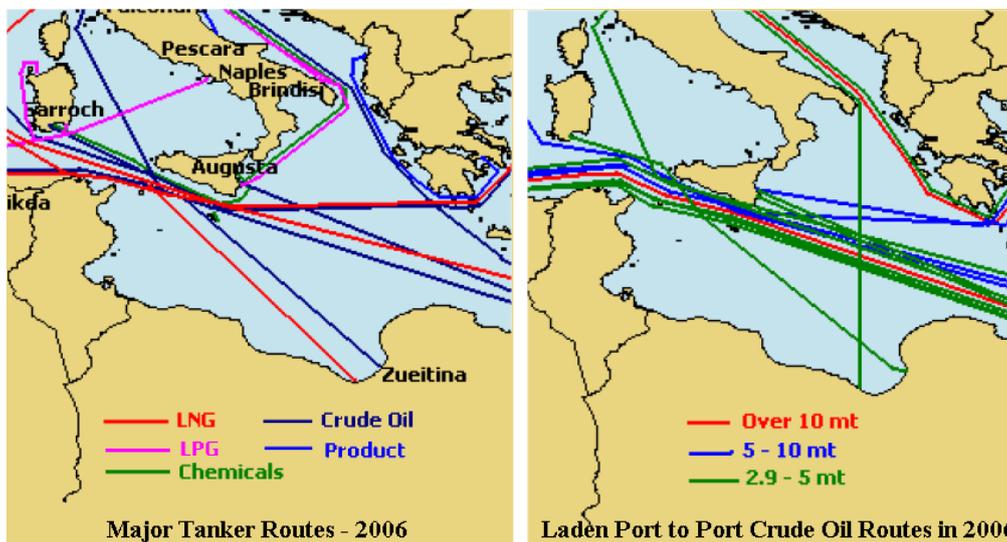


Figure 4.12 : Principales voies maritimes en 2006 selon la Lloyd's Marine Intelligence Unit, telles que présentées par REMPEC (2008)

534. En 2006, la quantité de pétrole brut chargé des ports méditerranéens s'élevait à 220 millions de tonnes. Si on inclut le port de chargement principal de Skikda, en Algérie, qui est proche de la Tunisie, alors le poids total de pétrole brut chargé dans les ports dans la sous-région s'élève à 55,9 millions de tonnes, soit 25 % du total méditerranéen. En fait, le commerce de pétrole et de GNL se concentre autour d'un nombre relativement restreint de ports et routes de chargement et de déchargement en Méditerranée occidentale et centrale. Les expéditions de pétrole brut de Novorossiysk vers des destinations méditerranéennes et de Sidi Kerir vers des destinations et ports méditerranéens à l'ouest de Gibraltar, ainsi que les exportations depuis le golfe Persique à travers la Méditerranée via Suez dominent les principales lignes de circulation. Dans le domaine du GNL, ce sont les exportations nord-africaines vers d'autres destinations méditerranéennes qui prédominent.

535. L'âge moyen des navires faisant escale dans les ports de la Méditerranée orientale est bien supérieur à celui des ports méditerranéens de l'ouest et du centre. Par exemple, l'âge moyen des navires faisant escale à La Valette, à Malte, est de plus de 20 ans contre moins de 14 ans pour les ports méditerranéens occidentaux. Ce point est très pertinent pour évaluer le risque de pertes (déversements de pétrole et rejets accidentels d'autres contaminants) dans la région.

### *Effets biologiques*

536. D'importantes réponses biologiques à des niveaux améliorés de TBT ont été observées dans les ports de Malte, avec une réduction significative des activités du système enzymatique oxydase à fonction mixte du poisson ; atrophie des cellules digestives chez l'huître *Ostrea edulis* ; et introduction de l'imposex chez l'escargot *Hexaplex trunculus*. Les deux dernières réponses citées sont manifestes à des concentrations de TBT inférieures aux normes de qualité environnementale (20 ng Sn/l) (Axiak 2000).

537. La surveillance de l'imposex à Lampedusa et Linosa (Italie) en 2006 et 2007 (Axiak, communication personnelle) a montré que la récente contamination par TBT dans les deux îles, qui étaient jusqu'à présent considérées comme des régions relativement vierges, était importante. Il est également prouvé que l'apparition de cet imposex a augmenté de façon significative depuis 1996 (comme reporté par Terlizzi *et al.*, 1998) et il en est de même s'agissant de l'impact sur les populations de cette espèce. La source la plus probable de pollution par TBT sur les deux îles est les activités marines relativement nombreuses l'été. En surveillant l'imposex, les niveaux de TBT sont, ou au moins jusqu'à récemment étaient, manifestement répandues dans la mer Ionienne, la Méditerranée centrale et ailleurs.

538. En Tunisie, les biomarqueurs comme la lipofuscine et des lipides neutres (dans les glandes digestives de la palourde *Ruditapes decussates*) ont pu évaluer le niveau de pollution dans la lagune polluée de Bizerte et à Sfax (Banni *et al.*, 2009).

#### **4.5.2 Activités d'immersion (introduction de substances et impact)**

539. Le PNUE/PAM — MED/POL (2005) a étudié les principales sources de déchets immergés atteignant la Méditerranée. La plupart de ces matières immergées proviennent de l'élimination directe des déchets ménagers avec les rejets des installations touristiques et du ruissellement des décharges de déchets qui est également d'une importance significative. L'immersion de résidus miniers est particulièrement importante du fait de la nature souvent dangereuse de tels déchets. L'immersion délibérée des déchets huileux de cales des navires se produit également.

540. L'immersion volontaire ou la perte de matériel de pêche est également considérée comme importante, en particulier dans cette région étudiée qui est souvent exposée à une pratique intense de la pêche. Cela conduit souvent à une pêche fantôme dont les impacts écologiques et économiques peuvent être considérables.

541. Le PAN pour la Grèce déclare que l'élimination de déchets solides et de boues dans le milieu aquatique est interdite. Cependant, le degré de respect de ces réglementations n'est pas évalué. Dans le cas de Malte, Axiak *et al.* (2002) indiquent que des quantités considérables de déchets d'excavation et de déchets dragués sont déversées en mer au large du Grand Port, La Valette. Pour la seule année de 2001, environ 177 000 tonnes de matériaux ont été rejetés dans ce lieu de déchets officiel. Cette pratique a continué depuis.

542. Le PAN pour la Libye fait référence au fait que l'élimination des déchets solides pose souvent des problèmes pour « toutes les villes littorales ». Par ailleurs, « les pluies peuvent entraîner ces déchets à la mer et peuvent donc aller plus loin sur la côte ». En Tunisie, le rejet de sous-produits industriels comme le phosphogypse (10 000 à 12 000 tonnes par jour) dans le golfe de Gabès (par exemple, près de Sfax, Ghannouch) représente une menace pour le milieu marin côtier et l'impact écologique de tels rejets est significatif. Guillaumont *et al.* avaient auparavant fait état d'une étude sur l'impact de la pollution dans le golfe de Gabès en 1995, avec une référence particulière au rejet de phosphogypse. Le groupe a indiqué que 50 millions de tonnes de ce matériau avaient été rejetées près de la ville de Gabès depuis 1975. L'analyse des données de télédétection a indiqué des modifications écologiques majeures dans le golfe de Gabès à l'ouest du seuil Gneiss-Djerba. Les prairies de *Posidonia* qui couvraient la majeure partie du golfe ont alors été limitées à certaines zones à plus de 10 m de profondeur. Par des processus hydrodynamiques, les sédiments nus pourraient facilement être remis en suspension. La lumière atteignant le fond a été réduite, engendrant une transformation de la production primaire du fond en une production planctonique. En ce qui concerne les rejets marins de dragage provenant des travaux de construction côtiers, très peu d'informations détaillées ont été mises à disposition par les rapports NDA des pays concernés.

543. Néanmoins, en raison de l'urbanisation intense et du développement du tourisme de masse le long de la plupart des côtes de la région étudiée, il est probable que ce type d'impact soit significatif. Le rapport NDA pour Malte donne quelques détails sur ces activités, notamment celles liées au développement des marinas. Le rapport indique que, sur la période 1998-2002, le littoral continental de Malte aurait, selon les estimations, augmenté de 5 % du fait de ces travaux de construction. Les impacts écologiques de telles activités ont également été exposés brièvement et ceux-ci incluaient la réduction de la transparence de la colonne d'eau, la régression des prairies de *Posidonia* et d'autres modifications benthiques. Il a été calculé que, sur la période 1996-2002, environ 4 870 tonnes de MES ont été rejetées dans les eaux côtières suite à cinq grands chantiers côtiers de construction et de dragage. Il est fort probable que le même phénomène se soit produit le long de nombreuses zones côtières, en particulier en Tunisie, en Libye et sur le littoral ionien de la Grèce, qui ont été exposés à une activité touristique intense.

544. Badalamenti *et al.* (2006), font état d'études d'impact de travaux de dragage associés à un pipeline de méthane entre la Sicile et la Tunisie (1981-93). Cet aménagement a engendré des tranchées considérables à Capo Feto (Sicile) qui ont eu un impact significatif sur les prairies de *Posidonia oceanica*. Le taux de mortalité diminuait avec la distance depuis la tranchée à toutes les profondeurs, indiquant que les plantes proches de l'excavation subissaient un niveau plus élevé de perturbation. Le renouvellement et le taux brut annuel de pousses étaient supérieurs dans la partie peu profonde de la prairie que dans la zone profonde. Les prévisions sur le développement futur de la prairie près de la tranchée indiquent que, si les conditions actuelles persistent, la densité de pousses sera réduite de 50 % sur les 6 à 17 prochaines années.

545. La récupération en mer par l'élimination des déchets solides dans les eaux littorales a souvent été proposée comme une option de gestion des déchets solides inertes. Les programmes de récupération et de reconstitution des plages de sable sont également connus à Malte.

#### **4.5.3 Enrichissement en nutriments et en matières organiques**

546. L'agriculture a été signalée comme activité contribuant le plus aux polluants de la Méditerranée (PNUE/PAM, 2001). Un des principaux bassins de drainage dominé par les terres agricoles se trouve en Sicile (base de données de l'UE en ligne : reports.eea.europa.eu). En effet, l'agriculture est l'un des principaux secteurs économiques de la sous-région. En fait, elle a été citée comme principal consommateur des ressources en eau douce de la Méditerranée (64 % pour l'ensemble du bassin, PNUE/PAM — CAR/PB, 2009).

547. Pour la Tunisie, la Libye et la Grèce, l'irrigation pour le secteur agricole représentait environ 80 % de la demande en eau sur la période 2005-2007. L'agriculture côtière est une caractéristique commune de la sous-région (en particulier pour la Tunisie et la Libye) et, compte tenu de la nécessité d'augmenter la production alors que les terres disponibles sont limitées, l'application d'engrais naturels et artificiels (mis à part les pesticides) doit être assez intense dans plusieurs localités. Le ruissellement des pluies provenant du bassin de drainage contenant de telles terres agricoles représente plus probablement une source supplémentaire de nutriments et de charges organiques dans les eaux du littoral. Cela est peut-être moins important dans les pays comme la Libye où le taux de précipitations annuelles est assez limité, mais beaucoup plus important le long des côtes ioniennes.

548. L'agriculture en Tunisie contribue de façon considérable au PIB du pays. L'industrie fait face à des problèmes de disponibilité en eau, de désertification et d'érosion du sol. L'agriculture littorale, en particulier, est caractérisée par des technologies assez avancées, avec l'utilisation considérable d'engrais inorganiques et la généralisation croissante du traitement phytosanitaire. Dans une certaine mesure, cela contribue à la pollution de l'eau de mer (PNUE/PAM — CAR/PB, 2001). Le développement de l'agriculture intensivement irriguée a mené à la surexploitation des eaux souterraines, la réponse a été de concevoir des programmes de recharge afin de maintenir les activités agricoles nécessaires à la région.

549. L'agriculture à Malte ne participe pas de façon notable au PIB du pays. Néanmoins, elle joue un rôle important dans la conservation du paysage. L'une des principales pressions environnementales découlant des pratiques agricoles actuelles sur l'île est le rejet de nutriments excessif (en particulier de nitrates) dans les ressources aquifères en eau douce. Plusieurs études ont également indiqué que les zones littorales spécifiques, comme Marsascala et Xlendi, sont particulièrement sensibles aux charges nutritives accrues provenant du ruissellement agricole.

550. 80 % de l'agriculture libyenne se trouvent dans les régions littorales. L'épuisement des eaux souterraines dû à leur surutilisation par l'agriculture, engendrant la salinisation du fait de la pénétration de l'eau de mer dans les aquifères côtiers, représente une préoccupation environnementale majeure.

551. Les charges nutritives accrues et l'enrichissement localisé en matières organiques peuvent conduire à des conditions eutrophes et nuisibles à l'efflorescence des algues. Un récent projet d'évaluation PNUE/PAM — MED POL (PNUE/PAM — MED POL 2009) a fait remarquer que bien qu'il n'existe aucune preuve d'eutrophisation dans les eaux libres de la Méditerranée centrale, un certain nombre de zones côtières et estuariennes de la région sont régulièrement exposées à de tels risques, du fait de l'enrichissement localisé en nutriments et matières organiques.

552. Pour les eaux ioniennes grecques, des conditions eutrophes ont été notées dans le golfe semi-fermé d'Amvrakikos, principalement du fait du ruissellement agricole et des effluents. En outre, des quantités élevées de nutriments (par exemple, maximum de nitrates > 100 µg-at/l) et des quantités excessives de phosphate dans les niveaux du fond ont souvent été enregistrées dans le golfe de Patras. D'autre part, les eaux côtières ioniennes grecques sont généralement oligotrophiques, sauf à proximité immédiate des débits fluviaux (qui transportent principalement le ruissellement agricole).

553. En Tunisie, les données disponibles indiquent des conditions eutrophes dans la lagune littorale de Tunis, où divers cas d'événements dystrophiques ont été rapportés, dont la mortalité de poissons due aux conditions anoxiques et aux efflorescences d'algues toxiques. Dans la mer Ionienne du nord, incluant le canal sicilien, seules des quantités mineures de nutriments accrus ont été enregistrées (telles que démontrées par les niveaux de chlorophylle). Les eaux libyennes sont principalement touchées à proximité immédiate des grandes villes comme Tripoli et Benghazi. Dans le cas de la Tunisie, les niveaux de chlorophylle dans le golfe de Gabès se sont avérés relativement élevés, cela étant probablement dû aux conditions naturelles. L'incidence des conditions eutrophes douces dans les eaux maltaises est restreinte aux zones portuaires (comme la partie interne du Grand Port) et aux marinas (par exemple, marina de Msida), ainsi qu'aux ruisseaux exposés aux ruissellements agricoles et autres significatifs, comme Marsascalea (Axiak, 2004). En Italie, seule une zone est indiquée comme sensible à l'eutrophisation, dans les régions à l'extrême sud, celle-ci étant Castellamare del Golfo, en Sicile, qui n'est pas entièrement dans la sous-région.

554. Bien que n'étant pas classés avec les substances dangereuses, les déchets marins représentent souvent des risques significatifs pour la vie marine. Certains des risques les plus fréquemment documentés sont ceux liés aux tortues marines et aux cétacés, ainsi que les effets d'étouffement des déchets sur les communautés benthiques. Par ailleurs, en plus de représenter un problème esthétique dans plusieurs zones côtières, les déchets marins sont connus pour engendrer des impacts économiques du fait des dommages sur les petites embarcations. Le rapport national NDA pour la région étudiée ne donne pas de détails suffisants sur cette question environnementale, donc seul un bref aperçu de l'éventuel problème dans la région peut être inclus ici.

555. Des travaux non publiés sur Malte (O'Neil, 2003) ont indiqué les niveaux de déchets échoués sur la plage sur quatre sites locaux en 2002. Les mêmes sites ont été étudiés en 1992. L'étude a montré que les densités de déchets moyennes sur les différentes plages allaient de 622 à 40 g/m<sup>2</sup>, avec le plastique comme composant le plus abondant. Les densités de déchets signalées une décennie plus tôt étaient du même ordre de grandeur. Ceci a été expliqué en justifiant que le niveau de déchets marins échoués sur ces sites avait atteint une dynamique maximale (dépendante d'un équilibre entre les taux d'échouage et de retour dans la phase aqueuse dû aux courants) qui ne peut pas être dépassée. Par rapport à d'autres plages de la Méditerranée, les valeurs déclarées de déchets échoués sur la plage étaient assez élevées.

556. Le PNUE, 2009, cite des études menées par l'université de Patras en collaboration avec des pêcheurs volontaires dans quatre grands golfes le long de la côte ouest de la Grèce. Au total, 3 318 articles de déchets marins ont été collectés sur une surface totale de 20 km<sup>2</sup> et atteignant une profondeur de 300 m. Les résultats ont montré que les principales sources des déchets collectés étaient les activités terrestres, alors que les articles prédominants étaient composés de plastique (56 %). La zone la plus touchée était celle du golfe de Patras avec un nombre d'articles enregistré compris entre 188 et 437 par km<sup>2</sup>.

557. Le PNUE (2009) donne une vue d'ensemble plus récente de ce problème en Méditerranée et ailleurs. De février à avril 2008, 14 rapports ont été transmis par des navires sur la Méditerranée enregistrant l'apparition et les densités de déchets marins dans les eaux de surface. Au total, les observations de 1 947 km de la mer Méditerranée ont donné l'enregistrement de 500,8 kg de déchets marins. Les observations ont été réalisées principalement dans la Méditerranée orientale (mer Égée, mer libyenne et la mer Levantine de la Méditerranée orientale), dans la mer d'Alboran entre l'Espagne et le Maroc et dans la mer Adriatique, avec une majorité d'articles en plastique.

558. Les déchets marins rejetés par les bateaux et les embarcations représentent seulement 5 % de déchets en mer. Cela a été attribué au fait que tous les navires de plus de 400 tonnes ou transportant plus de 15 personnes sont obligés de mettre en œuvre des plans de gestion des ordures conformes au droit maritime international. Il est aussi vrai que la situation concernant la disponibilité des installations de récupération dans les principaux ports méditerranéens s'est améliorée ces dernières années. Le statut de « zone spéciale » de l'Annexe V de la convention MARPOL pour la Méditerranée a pris effet au 1<sup>er</sup> mai 2009. L'élimination des plastiques et autres déchets est désormais interdite en Méditerranée. Par ailleurs, l'Italie, la Grèce, Malte et la Tunisie ont confirmé qu'ils avaient des installations portuaires de récupération adaptées pour l'élimination des déchets dans la région.

559. Le même rapport indique que 52 % des déchets marins en Méditerranée proviennent des activités côtières et de loisirs. Cela est principalement dû à des pratiques de gestion des déchets solides inadaptées de plusieurs pays de la région. Les déchets marins des « activités côtières et de loisirs » sont également très liés à l'industrie touristique. Compte tenu de l'importance de l'industrie touristique dans la région étudiée, il y a peu de doute qu'une quantité substantielle de déchets marins provienne de l'industrie touristique, même ici. Cela dépendra évidemment davantage du niveau de gestion des déchets solides dans les localités les plus exposées à l'afflux touristique intense, en particulier l'été. En fait, le PNUE/PAM — CAR/PB, 2009, citait les sources du PNUE/PAM — MED POL indiquant que les installations touristiques peuvent générer jusqu'à 16 % de déchets marins côtiers.

560. Les images satellite de la sous-région montrent les eaux littorales du sud de Calabre et Basilicate bordées d'une vaste efflorescence d'algues avec des tourbillons distinctifs. L'image B montre l'efflorescence d'algues massive le long de la côte couvrant l'ensemble du littoral sud de la Sicile. La partie orientale de l'efflorescence s'étend dans de grands remous qui pénètrent la Méditerranée centrale et atteignent l'est de Malte. Une autre efflorescence d'algues apparaît le long des eaux côtières orientales de Tunisie s'étendant dans le golfe de Gabès, indiquant une très grande altération (valeurs absolues de chlorophylle égales ou supérieures à 10 mg/m<sup>3</sup>).

561. Il est probable que ces phénomènes d'efflorescence massive soient principalement dus aux événements hypertrophiques liés aux remontées locales et à d'autres facteurs. Néanmoins, ces images montrent clairement l'étendue géographique de telles efflorescences, qui peuvent ensuite être augmentées par une hyper-productivité induite anthropogénique, en particulier à proximité des estuaires (portant souvent le ruissellement agricole) et des rejets d'eaux usées ou industriels. Barale *et al.* (2008) ont utilisé les données SeaWIFS acquises au cours de la période 1998-2003 pour identifier les schémas d'efflorescence d'algues en Méditerranée. En général, les efflorescences récurrentes et croissantes à divers points névralgiques, apparaissant dans les anomalies de chlorophylle, ont été décrites comme des phénomènes localisés, liés à des interactions air-eau dans le domaine pélagique ou à la disponibilité de nutriments accrue et à un renouvellement faible de l'eau dans les régions côtières. Le dernier type d'efflorescences anormales est susceptible d'être anthropogénique ou peut être causé par la combinaison de conditions géographiques et météorologiques spécifiques (par exemple, des baies fermées en été, lorsque la force hydrodynamique est faible). Cela suggère que des efflorescences nocives ou nuisibles (connues pour s'être produites dans les zones et périodes considérées) sont principalement des phénomènes locaux présentant peu ou pas de lien avec les événements régionaux.

562. La Figure 4.13 illustre la répartition des événements d'eutrophisation et des efflorescences d'algues nuisibles.

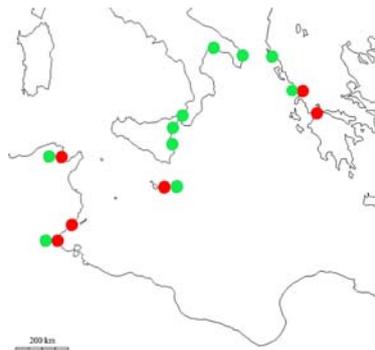


Figure 4.13 : Localisation de cas rapportés d'eutrophisation (cercles rouges) et d'événements d'efflorescence d'algues nuisibles (cercles verts) dans la région étudiée (sources :AEE, 2006)

563. Mis à part les eaux côtières de Libye, il semble que les pressions conduisant éventuellement à de tels phénomènes soient réparties uniformément sur le littoral de la région, bien que dans le cas des efflorescences d'algues nuisibles, elles semblent se produire plus fréquemment le long de la côte italienne. Néanmoins, cela peut être dû à la disponibilité des données. En fait, aucune donnée n'est disponible sur un tel phénomène dans les eaux libyennes.

564. Les apports terrestres, y compris les rejets de ruissellement et de rivière, ont une influence directe sur les réseaux côtiers et marins et, par conséquent, sur le niveau de la qualité. Le degré d'un tel impact peut être, au moins en partie, mesuré par le ratio comparant la surface du bassin terrestre et celle du bassin marin dans lesquels ces déchets sont rejetés. Pour l'ensemble du bassin méditerranéen, ce ratio est de 0,55 (CIESM, 2006).

565. Les divers sous-bassins au sein de la Méditerranée ont des ratios différents. Par exemple, le plus grand ratio est celui de la Méditerranée centrale (1,87), tandis que celui de la mer Ionienne est le plus petit (0,37). Cela implique que la Méditerranée centrale et, en particulier, les eaux littorales peu profondes le long de la côte africaine devraient être classées comme influençant grandement le bassin terrestre (bassin de drainage), qui est particulièrement grand pour la Libye. D'autre part, comme le taux de précipitations de la région est faible, les taux de rejets seraient faibles. En fait, selon l'étude de Ludwig *et al.* (2003), le taux estimé d'apports en eau douce dans la mer Ionienne en 1995 était estimé à 25 km<sup>3</sup> par an, tandis que pour la Méditerranée centrale, il était peut-être inférieur à 5 km<sup>3</sup> par an. Grenon et Batisse (1989) indiquent les flux de ruissellement annuels moyens de différents bassins fluviaux au sein de la Méditerranée de diverses sous-régions. Bien que de tels volumes de ruissellement seraient susceptibles de varier de façon significative d'année en année en fonction des précipitations ou d'autres facteurs, il est évident que la région étudiée recevrait environ 10 % seulement du ruissellement annuel total atteignant l'ensemble du bassin méditerranéen. Considérant que cette zone représente environ 32 % de la surface totale de la Méditerranée, on peut s'attendre à ce qu'elle ne soit pas indûment influencée directement par ce ruissellement par rapport à d'autres sous-régions au sein de la Méditerranée. En outre, le plus grand impact qui pourrait être attendu de ce ruissellement sur l'état de l'eau littorale et de pleine mer serait dans la partie ionienne et le long du littoral italien et grec, qui recevraient plus de 95 % de ce ruissellement pour la région.

566. Évidemment, la manière et le degré selon lesquels ces rejets terrestres naturels agissent sur le milieu côtier et marin dépendent également, dans une large mesure, des diverses pressions et activités anthropogéniques sur terre. Cela inclut la coupe forestière et le pâturage, entraînant l'érosion, l'agriculture intensive et l'élevage, l'endiguement et l'irrigation, ainsi que l'urbanisation littorale.

567. Un rapport récent de Ludwig *et al.*, 2009, a examiné les apports fluviaux de nutriments dans la Méditerranée. Selon ces estimations, les quantités annuelles d'azote, de phosphore et de silice atteignant la mer Ionienne et la Méditerranée centrale depuis les cours d'eau en 1998 s'élevaient respectivement à 63 000 tonnes, 2 900 tonnes et 59 000 tonnes. Par rapport aux mêmes estimations pour l'ensemble de la Méditerranée, ces apports de N, P et Si sont de 5 à 6 % des quantités totales atteignant l'ensemble du bassin. Le même rapport comprend des estimations sur la quantité d'engrais (azote) appliquée dans les divers bassins de drainage autour de la Méditerranée. Pour 1995, il a été

estimé que la quantité d'engrais (N) appliquée dans les bassins de drainage pour les mers Ionienne et Méditerranée centrale était de 1 900 kg N/km<sup>2</sup>/an. Cela s'élevait à 15 % des taux d'application pour l'ensemble du bassin méditerranéen.

568. Évidemment, à l'échelle du bassin de la sous-région, les apports fluviaux ne peuvent pas être considérés comme une pression significative sur le niveau de qualité côtier et marin pour la sous-région. Cela peut ne pas être vrai pour les régions situées près de la côte, à proximité immédiate de débits fluviaux majeurs.

569. Les rejets de nutriments, matières organiques et matières en suspension dans la mer Ionienne et la Méditerranée centrale ont été évaluées par le PNUE/PAM — CAR/PB en 2009. La répartition géographique des sources de DBO5 et d'azote total (sources industrielles) était basée sur les inventaires d'émission de chaque pays (NBB). À partir de ces informations, une tentative a été réalisée pour identifier le pourcentage de rejets de ces contaminants dans la sous-région en se basant sur les informations graphiques telles que reportées par le PNUE/PAM — CAR/PB, 2009. Un synopsis est présenté dans la Figure 4.14 ci-dessous.

570. En dépit des limitations inhérentes des données disponibles, il apparaît que les rejets d'azote total (de sources ponctuelles industrielles) et de matières organiques (en termes de DBO5) de la région étudiée sont inférieurs aux rejets similaires d'autres régions (en prenant en compte le fait que la région couvre 32 % de la surface totale de l'ensemble du bassin).

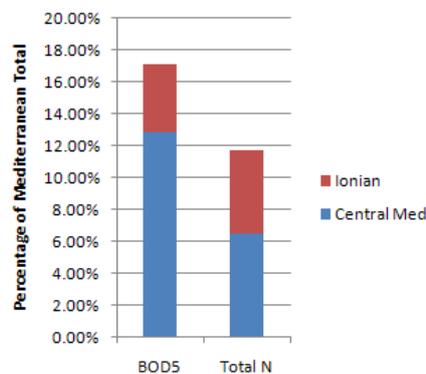


Figure 4.14. : Rejets en pourcentage provenant de sources industrielles de DBO5 et d'azote total comme indiqué par le PNUE/PAM — CAR/PB (2009) dans la région étudiée par rapport aux rejets de l'ensemble de la Méditerranée

571. Selon le PNUE/PAM-AEE (2006), les cinq pays de la sous-région considèrent le rejet marin des eaux usées urbaines comme une question environnementale prioritaire. De tels effluents comprennent souvent des charges nutritives excessives et de matières organiques qui conduisent à la détérioration du niveau de qualité de l'eau et des sédiments et donc de l'état eutrophe des eaux côtières, ainsi que des agents pathogènes et toute une gamme de produits chimiques dangereux qui présentent des risques potentiels pour la santé humaine. Ces problèmes peuvent affecter sérieusement la qualité de vie dans les zones littorales, et par conséquent, avoir des implications économiques pour le développement et le tourisme côtiers.

#### 4.5.4 Perturbations physiques et biologiques

572. En Méditerranée centrale, la pêche maritime est caractérisée par un grand nombre d'espèces capturées par un attirail de pêche principal (c'est-à-dire de la pêche multi-espèces), ainsi que par une variété d'espèces qui sont exploitées simultanément par différents attirails de pêche (c'est-à-dire de la pêche multi-attirails). La pisciculture est une pratique relativement ancienne dans le bassin méditerranéen. Elle s'est considérablement répandue depuis les années 1990, en particulier la pisciculture marine. Cela implique l'élevage de la dorade royale *Sparus aurata*, du bar commun *Dicentrarchus labrax*, de la moule *Mytilus galloprovincialis* et de l'huître plate *Crassostrea gigas*. La Grèce est le premier producteur de poissons au large dans la sous-région, mais également dans l'ensemble de la Méditerranée avec plus de 120 000 tonnes par an de bar commun et de dorade

royale, tandis que pour l'élevage de mollusques bivalves, les moules et les huîtres plates occupent respectivement les première et deuxième places. Récemment, l'élevage du thon *Thunnus thynnus* s'est répandu. La pêche et l'aquaculture ont des impacts majeurs dans la sous-région.

573. La pêche de la région est caractérisée par un niveau d'exploitation élevé, engendrant souvent la surpêche. Cela peut provoquer des perturbations physiques et biologiques. Les espèces ciblées sont dominées par les juvéniles. Les principales espèces menacées par la surpêche et la pêche illégale sont : *Anguilla anguilla*, *Epinephelus marginatus*, *Sciaena umbra*, *Thunnus thynnus*, *Xiph gladius*, *Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*, *Merluccius merluccius*, *Sarda sarda*, certaines espèces de poissons cartilagineux, des crustacés comme *Homarus gammarus*, *Palinurus elephas* et *Scyllarides latus*, des bivalves comme *Lithophaga lithophaga*, des éponges (*Hypospongia communis*, *Spongia spp.*) et du corail rouge (*Corallium rubrum*).

574. L'utilisation de méthodes de pêche non sélectives contribue souvent de façon illégale à la destruction des organismes marins en général et des poissons juvéniles en particulier, diminuant de façon significative le maintien ou la reconstitution des stocks. Par exemple, l'utilisation de la dynamite ou de kyss (matériel utilisé dans les eaux du sud de la Tunisie) en est une illustration significative.

575. Il est clair que la pêche intensive a un impact notoire à tous les niveaux de l'organisation biologique de la vie marine (PNUE/PAM-AEE 2006). Les impacts de certaines pratiques inappropriées sur la biodiversité marine sont décrits dans les rapports préparés dans le cadre du programme PAS BIO, mais également dans le processus actuel conduisant à un déclin observé des stocks de poisson et à la dégradation des écosystèmes. Les progrès en navigation et en localisation des ressources contribuent à l'escalade de cette situation.

576. Les pressions des activités de pêche peuvent être classées comme découlant de la pêche commerciale, de la pêche récréative et de l'aquaculture ou de la pisciculture. Malgré des lois rigoureuses et des efforts pour assurer la réduction de la flotte, ces activités génèrent des effets directs et indirects sur les ressources et les écosystèmes.

577. Le principal effet direct de la pêche sur les ressources marines est la surpêche de grands pélagiques entraînant une diminution très significative des stocks des espèces suivantes : *Xiphias gladius*, *Thunnus thynnus* et *Thunnus alalunga*. Le matériel de pêche comme les filets dérivants et les palangres peut provoquer une forte mortalité des tortues marines et des mammifères marins.

578. Les principales espèces menacées par la surpêche et la pêche illégale sont : *Anguilla anguilla*, *Epinephelus marginatus*, *Sciaena umbra*, *Thunnus thynnus*, *Xiph gladius*, *Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*, *Merluccius merluccius*, *Sarda sarda*, certaines espèces de poissons cartilagineux, des crustacés comme *Homarus gammarus*, *Palinurus Elephas* et *Scyllarides latus*, des bivalves comme *Lithophaga lithophaga*, des éponges (*Hypospongia communis*, *Spongia spp.*) et du corail rouge (*Corallium rubrum*).

579. La pêche de la région est caractérisée par un niveau élevé d'exploitation, donnant souvent lieu à la surpêche. Les espèces ciblées sont dominées par les juvéniles. Par conséquent, le niveau trophique des espèces exploitées est en nette diminution. Du fait de la modernisation des flottes pour des campagnes et des navigations plus longues sur une mer agitée, on s'attend à une augmentation de l'exploitation des espèces vivant en haute mer et dans les eaux profondes.

580. L'utilisation de méthodes de pêche non sélectives contribue souvent de façon illégale à la destruction des organismes marins en général et des poissons juvéniles en particulier, diminuant de façon significative le maintien ou la reconstitution des stocks. Par exemple, l'utilisation de la dynamite ou de kyss (matériel utilisé dans les eaux du sud de la Tunisie) en est une illustration significative. La chasse subaquatique, bien que sélective, est l'une des raisons de la surpêche des espèces protégées comme le mérrou.

581. Plusieurs techniques de pêche et d'aquaculture contribuent directement ou indirectement à la perturbation des écosystèmes, des habitats et des espèces. Parmi les attirails de pêche les plus nuisibles, on trouve les « tonailles » (filets pour le thon), les palangres et les filets dérivants, les filets à mailles fines et tous les types de chalutage. D'autres techniques de pêche, comme l'utilisation tout à fait illégale du poison ou de la dynamite, ont une incidence significative sur l'ensemble du milieu naturel. Enfin, les récentes augmentations d'installations d'élevage du thon rouge *Thunnus thynnus*

ont nettement contribué à l'effondrement de cette espèce et à des pressions de pêche croissantes sur les poissons utilisés dans l'alimentation des poissons d'élevage.

582. Les dommages les plus flagrants de la pêche sont causés sur les habitats benthiques et les communautés associées.

583. Les effets indirects de la pêche sur la biodiversité incluent l'impact sur les espèces non-commerciales (rebuts), la structure de l'habitat et le fonctionnement de l'écosystème, avec le déclin des populations (commerciales ou non), en raison de prises accidentelles de poisson, de mises au rebut, de pêche fantôme, etc. ; la diminution des populations d'espèces non-commerciales menacées et protégées comme les poissons cartilagineux, les tortues marines, les oiseaux marins ; la perturbation ou la destruction des habitats comme les prairies de *Posidonia oceanica*, le corail et les lits de maërl, du fait de chalutiers opérant souvent de façon illégale dans les eaux peu profondes, mais aussi du fait de pratiques comme le ramassage illégal de la datte de mer *Lithophaga lithophaga* ; l'altération du fonctionnement et de la structure dans d'autres habitats marins comme les fonds sablonneux ou vaseux par le chalutage en raison notamment de la remise en suspension des sédiments qui provoque des dommages importants sur des espèces non-ciblées.

584. Les effets en cascade sur la structure trophique de l'écosystème marin se produisent par la récolte des prédateurs supérieurs, soit pélagiques, soit démersaux. La surpêche réduit les populations de grands poissons de plus grande valeur qui sont à des niveaux trophiques supérieurs, comme les piscivores, réduisant de façon significative le niveau moyen des prises. Des efflorescences de méduses sont signalées par certains auteurs comme des conséquences de la surpêche.

585. L'introduction d'espèces exotiques est également considérée comme une menace majeure dans la sous-région, avec des perturbations corollaires de la biodiversité. Le nombre d'espèces introduites en Méditerranée a augmenté de façon spectaculaire depuis le début du siècle dernier. Leur répartition varie selon les pays. Ils ont surtout été introduits de deux façons : (i) par le transport maritime et la pisciculture et (ii) par le canal de Suez.

586. Des rapports nationaux sur les espèces invasives et exotiques ont aidé à mettre en évidence l'ampleur de l'implantation d'exotiques dans les eaux littorales. Cependant, ces statistiques restent plus ou moins incomplètes et doivent être mises à jour ou complétées.

587. Dans la partie grecque de la mer Ionienne, il existe 3 espèces de phytoplancton, 3 espèces de zooplancton, 17 plantes benthiques, 24 espèces d'invertébrés et 13 espèces de poisson. Sur les côtes est et sud de la Tunisie, on trouve 21 espèces de plantes, 51 invertébrés et 24 espèces de poissons. 22 poissons exotiques sont répertoriés dans le rapport national de la Libye. Dans le rapport national maltais du PAS BIO, il est fait référence à 10 espèces de plantes, 6 invertébrés et 1 poisson. Dans les eaux italiennes, 34 espèces d'algues, 70 invertébrés et 19 poissons ont été identifiés dans le rapport national du PAS BIO.

588. Ces statistiques ne reflètent pas irrévocablement la réalité ; le niveau de connaissances est très inégal d'un pays à l'autre et d'un groupe d'espèces à un autre ; les impacts de la plupart de ces espèces sont encore peu étudiés et mal compris.

589. Concernant le phytobenthos, la présence de *Caulerpa taxifolia* est notée, mais sa répartition et sa propagation restent anecdotiques. Si elle est considérée comme potentiellement envahissante, elle ne provoque pas d'effets connus du fait de son caractère sporadique. La *Caulerpa racemosa* potentiellement invasive est plus importante. De nouveaux signes de présence sont nombreux en Grèce et en Tunisie et les effets de cette espèce sont perceptibles. La croissance rapide des stolons crée une couverture presque totale du substrat, principalement de sables vaseux au détriment des zostères marines, des algues, mais des organismes s'incrument. Sa prolifération provoque des difficultés pour les activités de pêche, car ces grandes quantités encrassent les filets.

590. Des cas de compétition interspécifique sont également bien connus chez les invertébrés comme la compétition du *Percnon gibbesi* avec les espèces natives (Malte et Italie) et également dans les populations de poissons. En Libye, la rivalité entre les deux espèces lessepsiennes *Siganus luridus* et *Siganus rivulatus* et les espèces natives *Sarpa salpa* et *Sarpa cretans* en est un exemple frappant.

591. D'autres phénomènes dus à la prolifération d'espèces invasives ont des effets directs sur la santé humaine et les activités économiques. Citons notamment l'augmentation des apparitions d'efflorescences de méduses, dont *Pelagia noctiluca* provoquant des désagréments pour de nombreux vacanciers. La prolifération des méduses affecte significativement la biodiversité marine, y compris les intérêts commerciaux ; ces animaux se nourrissent de larves et d'alevins.

592. Économiquement, le cas de l'installation de la *Metapenæus monoceros* dans le golfe de Gabès révèle parfois des impacts économiques paradoxaux que les espèces invasives pourraient provoquer à des niveaux économiques et sociaux. Cette espèce a partiellement remplacé la crevette native *Penaeus kerathurus*. Dans cette région, les captures de crevettes n'ont pas diminué, mais sont composées à 50 % d'espèces non-natives. La perte économique est due au fait que les prix commerciaux des nouvelles espèces sont sept fois inférieurs à celui de la crevette native, au bénéfice des consommateurs les moins fortunés.

593. Les données sur les impacts des organismes exotiques invasifs sont encore plus rares dans les eaux profondes et hautes, où les changements sont principalement dus à la propagation lente mais perceptible d'espèces thermophiles dans la Méditerranée en général, mais également dans la Méditerranée centrale. Certaines de ces espèces sont hors compétition.

594. Des espèces indigènes, comme c'est le cas avec les espèces natives *Merluccius merluccius* et *Mullus barbatus*, sont sous la pression des espèces exotiques *Upeneus moluccensis* et *Saurida undosquamis* dans les eaux ioniennes grecques.

#### **4.5.5 Effets du bruit sous-marin et des déchets marins**

595. Comme dans le reste de la Méditerranée, les effets de l'activité maritime et des déchets et débris marins sont supposés provoquer des changements dans les prestations de services écologiques et écosystémiques, mais leurs impacts n'ont pas été quantifiés.

#### **4.5.6 Nouveaux enjeux : les effets des changements climatiques et les modifications des mers profondes.**

596. Les effets des changements climatiques sur l'environnement physique sont déjà détectés, en particulier ceux liés à l'augmentation de la température de la mer en surface, aux changements hydrologiques et hydrodynamiques, à l'augmentation du niveau de la mer et aux répercussions attendues sur l'intégrité du littoral, des zones humides en général et plus particulièrement des lagunes, lacs salés (sebkhas) et estuaires, des zones supra- et médiolittorales et des valeurs économiques de ceux-ci (avec un accent particulier sur les menaces pour les îles et les modifications de l'approvisionnement en nutriments et de la dynamique des eaux côtières et de haute mer et la fréquence croissante des événements extrêmes), des vents et des tempêtes.

597. À moyen terme, des phénomènes plus complexes sont attendus, comme des modifications du cycle de vie des espèces marines, des changements de répartition des espèces et des habitats, la disparition locale d'espèces vulnérables et, finalement, une diminution de la résilience (c'est-à-dire une résistance aux perturbations et une réversibilité de celles-ci), ainsi que des modifications profondes du fonctionnement des écosystèmes marins, qui, à l'heure actuelle, sont difficiles à prévoir avec une précision adéquate. Le risque d'incendies de forêt sur les terres littorales augmente, tout comme les impacts sur les ressources littorales et marines et la propagation d'espèces thermophiles non natives, en particulier lessepsiennes. Un accent particulier a été mis sur l'apparition et la propagation des espèces thermiques (par la colonisation de nouvelles espèces provenant de l'Atlantique via le détroit de Gibraltar et principalement de l'Indo-Pacifique par le canal de Suez). D'autres phénomènes, comme des événements de mucilage, des efflorescences d'algues nuisibles et l'apparition massive de scyphoméduses, sont susceptibles d'être facilités par les modifications climatiques en synergie avec d'autres impacts anthropogéniques (par ex., la surpêche, la charge nutritive et d'autres sources de pollution, etc.). Un autre phénomène en cours, de plus en plus fréquent sur les eaux littorales des pays, est l'apparition d'une mortalité massive des espèces structurales (par exemple, gorgones, colonies d'octocoralliaires, éponges, etc.).

598. Les nouveaux enjeux concernent également les mers profondes. Ici, les mers profondes sont considérées comme le milieu marin qui s'étend vers le bas depuis l'accroissement continental, c'est-à-dire les eaux atteignant plus de 200 m à leur profondeur maximale. Les mers profondes de la

Méditerranée contiennent une grande diversité d'habitats, du fait de son histoire géologique (Bianchi et Morri, 2000). Les structures géomorphologiques, en particulier, comme les canyons sous-marins, les monts sous-marins, les volcans de vase et les tranchées profondes, peuvent abriter d'importantes communautés biologiques. En général, les communautés biologiques des mers profondes méditerranéennes sont adaptées à un milieu oligotrophe ; on trouve des aires locales de productivité élevée et des lieux de forte biodiversité.

599. Dans cette sous-région, les mers profondes méditerranéennes sont physiquement divisées en deux bassins séparés par le détroit de Sicile peu profond (environ 400 m de profondeur). Des différences importantes entre les bassins est et ouest ont été observées à la fois dans la composition et l'abondance des espèces (Sardà *et al.*, 2004).

600. Les mers profondes méditerranéennes sont considérées par certains auteurs comme faisant partie des milieux en eau profonde les plus lourdement touchés dans le monde et, dans le même temps, des aires les moins connues en termes de biodiversité (PNUE/PAM — CAR/ASP, 2010) : le risque est qu'une perte significative de biodiversité se produise avant que les scientifiques n'aient le temps de documenter son existence (Briand 2003, Cartes *et al.*, 2004).

601. Les principales pressions qui affectent les mers profondes incluent les impacts du chalutage de fond et d'autres pratiques de pêche ; l'élimination des déchets (déchets solides) ; d'autres polluants marins ; l'exploration et l'exploitation pétrolières ; l'installation de pipelines en profondeur ; et les impacts pas encore pleinement compris des changements climatiques.

602. La pêche en eaux profondes fonctionne actuellement uniquement à des profondeurs inférieures à 1 000 m en Méditerranée, mais pourrait exploiter de nombreux HS, cela signifie que la pêche au niveau des monts sous-marins pourrait être épuisée d'ici seulement trois à quatre ans (Johnston & Santillo 2004). L'éventuel intérêt de la pêche des fonds actuellement inexploités en dessous de 1 000 m de profondeur (matériel traînant interdit par la CGPM, 2005) est très limité. Cela est dû au fait que l'abondance générale des espèces de crustacés est fortement inférieure et les communautés de poissons sont largement dominées par des poissons soit d'intérêt non commercial (comme l'alépocephale *Alepocephalus rostratus*), soit de petite taille (comme le grenadier méditerranéen *Coryphenoides guenther*). Si ces espèces venaient à avoir un intérêt économique et si les chalutiers pouvaient atteindre des zones plus profondes, alors l'écosystème pourrait être rapidement dégradé par la pêche.

603. La pêche pélagique dans les eaux libres méditerranéennes, ciblant les grandes espèces pélagiques (avec quelques exceptions ciblant les petits pélagiques, par exemple les anchois et sardines, dans la mer Adriatique), est la seule pêche industrielle ; elle a lieu principalement dans les eaux internationales et même des pays non-méditerranéens peuvent être impliqués (Cacaud, 2005).

604. La plupart des informations sur l'activité des flottes de pêche en Méditerranée proviennent du groupe de travail du CSTEP et du groupe de travail benthique de la CGPM, du sous-comité de l'évaluation des stocks et de l'ICCAT pour les grands pélagiques, qui concerne l'activité des flottes des pays membres. Par conséquent, le CSTEP manque d'informations sur l'activité de la pêche des pays non-membres de l'UE (par exemple, d'Afrique du nord), bien que la Tâche 1 de la CGPM et les projets de coopération (Medfisis, COPEMED II, ADRIAMED et EASTMED) travaillent dans cette direction.

605. La conséquence la plus négative des activités de la pêche est la dégradation des écosystèmes marins par le retrait d'espèces ciblées ou non-ciblées et par les perturbations physiques infligées par certains matériels de pêche. Les Habitats essentiels des poissons (HEP) sont les habitats nécessaires à l'alimentation, au refuge ou à la reproduction des espèces ; et les Habitats sensibles (HS) sont les aires avec des espèces endémiques, une grande biodiversité ou productivité et vulnérables aux pratiques de la pêche. La dégradation des écosystèmes par la pêche affecte indirectement les espèces commerciales si l'habitat n'est plus adapté à ces espèces. Dans ce contexte, il est nécessaire de réglementer les activités de pêche pour réduire la dégradation de l'écosystème par la création d'une Approche écosystémique de la pêche (AEP) qui prend en compte non seulement la protection des espèces ciblées, mais aussi l'écosystème dans son ensemble. Dans le cadre de l'AEP, l'approche préventive examine les mesures les plus restrictives pour la gestion de la pêche (dont la création de zones fermées à la pêche ou de Zones marines protégées) par rapport au manque général de connaissances sur le fonctionnement de nombreux écosystèmes qui entretiennent les ressources halieutiques.

606. La plupart des eaux méditerranéennes sont des eaux libres. Les mers libres méditerranéennes englobent une grande diversité d'habitats, à la fois pélagiques et démersaux (mers profondes). Ces habitats sont peu connus par rapport aux écosystèmes des côtes et des plateaux continentaux, qui sont plus facilement étudiés, tandis que, dans le même temps, l'état des stocks de leurs espèces commerciales est bien connu grâce aux études sur la pêche et aux captures commerciales. La protection de la faune de ces aires est importante pour la pêche et la conservation de l'écosystème, car les organismes peuvent déterminer la santé d'un écosystème. La faune benthique sessile joue un rôle important en tant qu'organismes offrant un habitat servant de refuge à de nombreuses espèces marines (par exemple, les récifs de corail froid, les éponges de mer profonde, les lits de crinoïdes).

607. Les fonds profonds sont constitués sur de larges extensions de sédiments meubles interrompues par des caractéristiques géologiques comme les canyons sous-marins, les lacs de saumure, les monts sous-marins, les bouches hydrothermales, les petites sources froides et les volcans vaseux, qui créent un habitat spécial abritant une diversité et un endémisme importants ; un grand nombre de ces habitats ont été découverts seulement récemment et doivent être protégés après l'Approche préventive.

608. La pêche démersale opérant en Méditerranée, en haute mer, peut être résumée ainsi : chalutage de fond, palangres de fond et filets maillants. La pêche hauturière opère actuellement sur les plateaux continentaux et quelques versants descendant jusqu'à moins de 800 m. Le chalutage de fond est une pratique très nuisible qui a été interdite en 2005 pour les fonds méditerranéens de plus de 1 000 m de profondeur afin de protéger la faune vulnérable des eaux profondes.

609. Parmi les habitats benthiques des eaux libres méditerranéennes, les composés les plus vulnérables vis-à-vis de la pêche sont les faciès coralligènes, les crinoïdes *Leptometra phalangium*, et les cnidaires *Funiculina quadrangularis* et *Isidella elongata*, les faciès d'organismes sessiles qui ont été détectés jusqu'à présent dans les plateaux continentaux et l'accore dans le bassin occidental, bien que la localisation et l'étendue de ces habitats dans l'ensemble de la région soient encore mal connues.

610. En mer profonde, il existe plusieurs zones avec une abondance considérable de coralliens froids très vulnérables, principalement détectés sur les versants continentaux, les monts sous-marins et sur les parois des canyons sous-marins (par exemple au large de Cape Santa Maria di Leuca, dans le bassin central ou au niveau de nombreux canyons et monts sous-marins le long de la mer d'Alboran, dans le bassin occidental). Plusieurs plaines abyssales, qui abritent une faune de mer profonde peu connue et vulnérable, se trouvent dans l'ensemble de la Méditerranée avec les terrains les plus profonds trouvés dans le bassin central (par exemple, fosse de Calypso dans la mer Ionienne, au sud-ouest de la Grèce). D'autres caractéristiques géologiques peuvent être vulnérables vis-à-vis de la pêche car elles représentent des points névralgiques de diversité et l'habitat de faune vulnérable comme les coraux froids. Le mont sous-marin massif d'Ératosthène dans le bassin est (sud de Chypre) et les nombreux monts sous-marins éparpillés en mer d'Alboran et en mer Tyrrhénienne du sud ; de petites sources froides, des lacs de saumure et des bouches hydrothermales ont été principalement localisés dans le bassin méditerranéen oriental (sud de la Crête et Turquie, et près de l'Égypte). Le bassin méditerranéen occidental abrite de nombreux canyons sous-marins qui sont des HEP pour la crevette rouge, comme de nombreux canyons dans le golfe du Lion qui présente d'importantes pêches de crevettes rouges, langoustines, merlus, lottes, parmi d'autres espèces commerciales importantes ; les zones d'alevinage du merlu se trouvent principalement sur de larges extensions de plateaux continentaux ou bancs, soulignant le sud de la Sicile, l'Adriatique centrale dans la fosse de Jabuka et la mer de Thrace, tandis que les frayères de merlu semblent se situer sur l'accore et les canyons, avec le golfe de Lion en guise de meilleur exemple.

611. Les espèces de grands pélagiques qui peuplent les mers libres, principalement le thon rouge, l'espadon et le germon, mais aussi des requins pélagiques (mako à courtes nageoires, requin bleu et requin taupe), ont un grand intérêt de conservation et ont été longtemps surexploitées par le matériel de pêche de pélagiques. Les principaux outils de pêche pour les grands pélagiques sont les sennes coulissantes et les palangres pélagiques. Des flottes à palangres pélagiques opèrent dans les eaux méditerranéennes, allant des flottes côtières locales aux grandes flottes industrielles étrangères ; celles-ci sont très mobiles et couvrent presque la totalité du bassin méditerranéen. Les filets dérivants ont été interdits en Méditerranée en 2005, bien que cette activité soit toujours pratiquée. La haute mer méditerranéenne est également l'habitat de cétacés et de tortues menacés

d'extinction qui sont une capture commune des pêches pélagiques et qui méritent une protection particulière. D'importants HEP pour les espèces de grands pélagiques sont principalement déterminés par les caractéristiques océanographiques comme les zones de remontée ou les tourbillons, créant des zones productives importantes pour l'alimentation et la reproduction ; ces aires qui agissent en tant qu'HEP doivent être identifiées pour définir des mesures de protection pour les espèces pélagiques. Les principales zones de frai pour le thon bleu ont été localisées au sud des îles Baléares, de la mer d'Alboran et du détroit de Sicile ; tandis que l'espadon pond dans pratiquement toute la Méditerranée et que le germon coïncide avec les zones de frai du thon bleu.

#### **4.6 Conclusions et analyse des lacunes concernant les pressions et impacts**

612. Les impacts de la pêche, bien qu'ils ne soient pas totalement compris, représentent une préoccupation prioritaire dans la région. Les sites suivants sont considérés comme des zones critiques de la sous-région, concernant les impacts de la pêche dans les eaux libres méditerranéennes, incluant des écosystèmes démersaux et pélagiques. Dans les zones démersales, la région sud de la Sicile, c'est-à-dire les bancs de l'Aventure et de Malte, est un lieu important pour l'alevinage des merlus où les activités de pêche de fond, en particulier le chalutage, doivent être limitées. De même, les récifs de corail froid (*Lophelia pertusa*) au large de Cape Santa Maria di Leuca sont très vulnérables à toute perturbation physique infligée par la pêche de fond, bien que ceux-ci soient déjà adoptés comme ZPR (zone de pêche réglementée) par la CGPM. Les zones pélagiques prioritaires incluent le détroit de Sicile, en tant que voie migratoire importante pour les espèces de type thon, et le fond de la mer Méditerranée au-delà de 1 000 m qui offre des habitats à la faune vulnérable. La pêche utilisant des attirails tractés a été interdite dans cette zone par la CGPM. D'autres aires importantes de service écosystémique incluent les zones humides de la Tunisie orientale.

613. Une liste de points névralgiques de pollution et d'emplacements de zones de préoccupation environnementale majeure pour les différents pays méditerranéens a été observée sur la base d'une analyse de diagnostic nationale. Cette liste inclut au total 138 points névralgiques et 69 zones de préoccupation environnementale majeure. 15 (22) de ces points névralgiques et 14 % (10) de ces zones de préoccupation environnementale majeure se trouvent dans la sous-région. L'emplacement de ces zones est illustré par la Figure 4.1.

## CHAPITRE 5 : MER ADRIATIQUE

### 5.1 Introduction

614. La mer Adriatique est un bassin semi-fermé situé dans la partie extrême nord de la mer Méditerranée. Sa surface est de 138 600 km<sup>2</sup> et son volume de 35 000 km<sup>3</sup>. Elle s'étend au nord de 40° à 45° 45' N., avec une longueur d'environ 800 km et une largeur d'environ 200 km. Le détroit d'Otrante, qui relie la partie sud de la mer Adriatique à la mer Ionienne, fait 72 km de large et 780 m de profondeur, ce qui permet un échange d'eau important entre les deux bassins. La mer Adriatique est caractérisée par un plateau continental étendu au nord et dans la partie centrale, tandis que la pente continentale se trouve principalement dans la partie sud où la profondeur maximale est de 1 223 m. Le bassin marin est entouré par les Dinarides à l'est, les Alpes au nord et les Apennins à l'ouest. Le plus grand pays du bassin adriatique est l'Italie, suivi par l'Albanie, la Croatie, la Bosnie-Herzégovine, le Monténégro et la Slovénie (Figure 5.1).



Figure 5.1 : La sous-région de la mer Adriatique

615. La mer Adriatique constitue une partie limitée, mais très spécifique et la plus isolée. Du fait de ses spécificités, elle est considérée comme une sous-unité biogéographique de la mer Méditerranée (Pérès et Gamulin-Brida, 1973). Alors que l'Adriatique nord affiche clairement ses relations avec la région boréale, les éléments thermophiles dominent le milieu et le sud du bassin. Du fait de la géomorphologie de cette zone et de ses principales caractéristiques abiotiques, une très grande diversité d'habitats et d'espèces a évolué dans le milieu marin et littoral, dont une proportion significative d'éléments endémiques.

616. L'Adriatique abrite près de la moitié (49 %) des espèces marines enregistrées en Méditerranée. Pourtant sur les quatre sous-régions, l'Adriatique est peut-être la plus insolite du fait de sa faible profondeur, de ses flux restreints et du fort degré d'influence des cours d'eau ; tout cela a imprégné le caractère écologique et biologique de la sous-région.

## **5.2 Caractéristiques physiques et chimiques**

### **5.2.1 Topographie, bathymétrie et nature des fonds marins**

617. La mer Adriatique représente seulement 5 % de la mer Méditerranée. Sa partie nord est la moins profonde, elle ne dépasse pas 50 m. L'Adriatique nord, en particulier, représente seulement 0,4 % des eaux méditerranéennes ; cependant, la situation environnementale spécifique avec la présence du bassin de Pô, la lagune de Venise et ses eaux peu profondes, demande des actions immédiates pour gérer et protéger cette zone particulièrement sensible. Le Pô est l'un des trois plus importants fleuves de Méditerranée en termes de déversement. Environ un tiers de l'eau continentale méditerranéenne se jette dans le nord et le centre de la mer Adriatique. L'eutrophisation due à la décharge nutritive excessive est l'une des plus importantes menaces pour la mer Adriatique.

618. La mer Adriatique s'étire sur 783 km dans le sens nord-ouest/sud-est, avec une surface de 138 595 km<sup>2</sup> au niveau moyen de la mer. Sa salinité est relativement élevée : 38,3 psu. L'Adriatique nord est extrêmement peu profonde, de 25 à 50 m, et relativement froide (6 à 12 °C) du fait de l'influence des vents froids et de l'eau provenant des Alpes. Cela rend cette région unique en Méditerranée et célèbre pour un certain nombre de biotes boréaux. Le fond de la mer est ici principalement constitué de sédiments sableux et sableux détritiques en raison de l'afflux du Pô. Bien que l'Adriatique soit dans son ensemble une mer oligotrophe, sa partie nord est l'une des parties les plus productives de la Méditerranée (Pérès et Gamulin-Brida, 1973). L'Adriatique centrale est plutôt peu profonde (profondeur moyenne de 140 m) à l'exception de la fosse de Jabuka qui atteint 275 m de profondeur, tandis que la dépression adriatique sud descend à 1 330 m. Des profondeurs allant jusqu'à 200 m (plateau continental) occupent 73,9 % de l'Adriatique, tandis que la région qui présente une profondeur de plus de 1 000 m couvre seulement 7,7 % du lit de la mer Adriatique. Le fond de la mer le long de la côte adriatique est rocheux alors qu'au large, il est principalement plat avec des sédiments et des concrécations coralligènes le long des îles. De grands récifs coralliens ont également été enregistrés au-delà de 300 m de profondeur.

619. La partie nord de l'Adriatique est très peu profonde, avec une profondeur qui augmente lentement vers le sud et qui atteint 270 m au niveau du centre de l'Adriatique et de la fosse de Jabuka (dépressions de Pomo). La fosse de Palagruža (seuil de Pelagosa) relie le centre de l'Adriatique avec le sud plus profond qui atteint un maximum légèrement supérieur à 1 200 m. Plus au sud, le fond s'élève à 780 m au seuil d'Otrante qui relie l'Adriatique et la mer Ionienne (Figure 5.2). La côte ouest le long de l'Adriatique est relativement lisse, sans île et avec un léger plateau, tandis que la partie orientale est caractérisée par de nombreuses îles et un fond irrégulier qui augmente fortement en direction du large. On trouve 1 246 îles en mer Adriatique, parmi lesquelles seulement 69 sont habitées.

620. La différence entre les parties orientale et occidentale est atténuée par la haute chaîne de montagnes (les Alpes dinariques) à l'est par rapport à une surface beaucoup plus lisse du côté italien, où les Apennins sont plus éloignés de la côte. Les Alpes dinariques influencent fortement le champ de vent et accentuent les différences de températures entre la terre et la mer (Cushman-Roisin *et al.*, 2001).

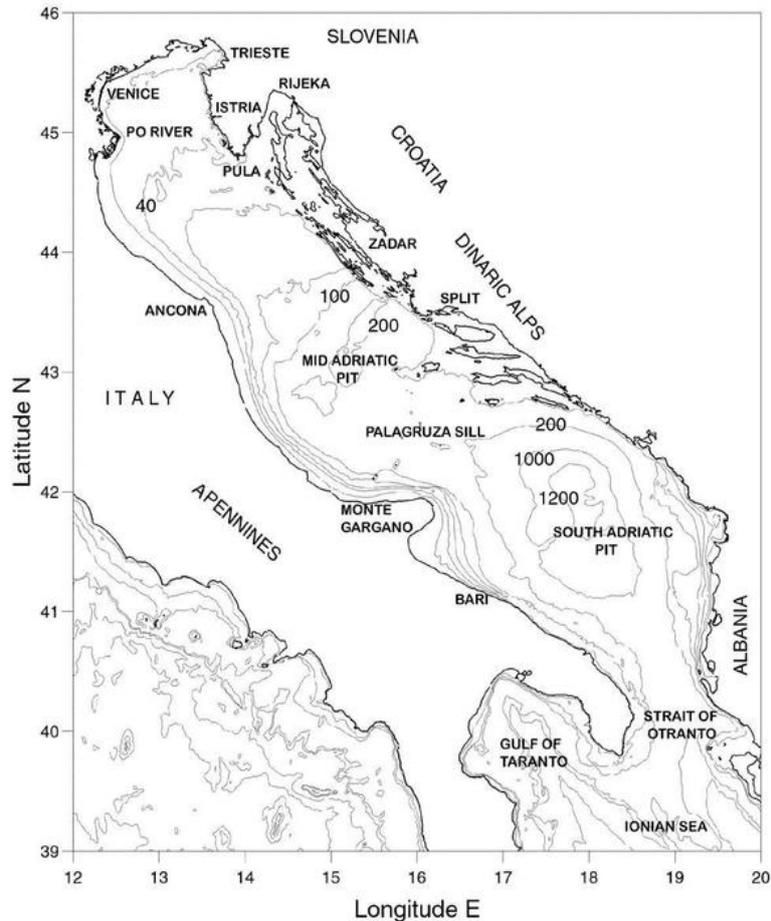


Figure 5.2 : Côte et topographie de la mer Adriatique (par Cushman-Roisin *et al.*, 2001).  
La côte orientale est généralement élevée et rocheuse, tandis que la côte occidentale est basse et principalement sableuse.

## 5.2.2 Salinité, température ; courants ; transport de sédiments

### Salinité

621. Selon l'Étude de faisabilité du Monténégro du PGZC (2008), la salinité de l'eau de l'Adriatique sud (38,6 %) est légèrement inférieure à la moyenne méditerranéenne (39 %) du fait que les apports en eau douce par les précipitations et le ruissellement fluvial dépassent l'évaporation du bassin adriatique. Les températures de l'eau en été peuvent atteindre 27 °C. Des courants relativement lents se déplacent parallèlement au rivage nord-ouest et les marées ne sont pas fortes (l'amplitude moyenne est de 35 cm).

622. Il existe une certaine variabilité sous-régionale. L'apport en eau douce diminue la salinité de l'eau, tandis que l'afflux d'eaux méditerranéennes salées par le détroit d'Otrante l'augmente. Les eaux libres dans la partie sud du bassin adriatique présentent une salinité comprise entre 38,4 et 38,9. La salinité est plus faible et plus variable dans la partie nord et dans les aires côtières (moyenne de 37-38), tandis qu'elle peut descendre en dessous de 35 en été (Cushman – Roisin *et al.*, 2001). Des mesures à long terme de la salinité dans les eaux côtières et libres dans les bassins du centre et du sud ont montré une augmentation historique de la salinité, supposant la réduction de l'apport en eau douce dû au barrage d'Assouan sur le Nil (Zore-Armanda *et al.*, 1991). La variabilité d'autres facteurs climatiques, comme les modifications des précipitations et l'augmentation de l'évaporation peuvent également contribuer aux fluctuations de la salinité (Grezio et Pinardi, 2006).

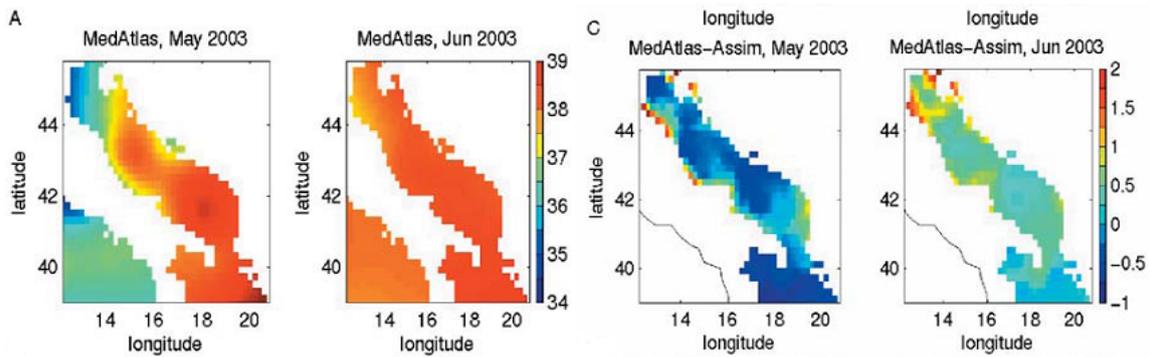


Figure 5.3 : Salinité mensuelle moyenne à 5 m de profondeur (en *psu*) pour mai et juin : A : mois climatologiques MedAtlas pour mai et juin, B : salinité moyenne pour mai et juin 2003 (Grezio et Pinardi, 2006)

### Température

623. La température de surface annuelle moyenne est de 18 °C dans le sud et de 25 °C dans le nord. Les extrêmes des plages de température de surface vont de 3 °C à 29 °C respectivement. L'Adriatique est une mer tempérée chaude, puisque même les températures des couches les plus profondes sont le plus souvent supérieures à 10 °C. La thermocline se produit entre 10 et 30 m pendant les saisons chaudes (Cushman *et al.*, 2001). L'Adriatique nord présente des fluctuations importantes, probablement liées au cycle de refroidissement hivernal et de réchauffement estival du sous-bassin relativement peu profond. La section nord-ouest affiche de plus grandes fluctuations que celles du nord-est, avec des températures superficielles hivernales inférieures, probablement dues à l'afflux d'eau douce du Pô. L'Adriatique sud affiche moins de variabilité probablement influencée par les échanges périodiques des eaux avec la mer Ionienne. La section sud-est affiche des fluctuations un peu plus grandes que celle du sud-est, avec des températures superficielles hivernales supérieures, probablement dues à l'afflux d'eaux plus chaudes provenant du sud. Les deux sections centrales révèlent des schémas similaires à ceux de l'ensemble du bassin. Les températures observées semblent correspondre au schéma de circulation cyclonique classique de l'Adriatique (Barale *et al.*, 2004).

624. D'après des données à long terme (1981-1999), relevées pour estimer les valeurs des températures superficielles (SST), une tendance générale au réchauffement de la surface de la mer peut être notée dans le bassin adriatique. L'ajustement linéaire des cycles saisonniers suggère une augmentation d'environ 2 °C en 20 ans, essentiellement due à l'augmentation constante des valeurs estivales. Un gradient général de la température nord-sud existe en hiver, les sections nord étant plus froides que les sections sud. Il existe également un gradient est-ouest, les sections ouest étant plus chaudes que les sections est (Figure 5.4).

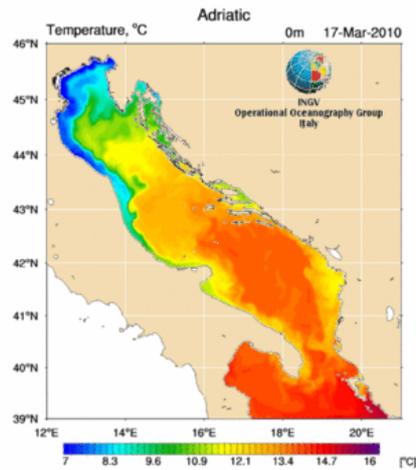


Figure 5.4 : Températures superficielles en mars 2010 (source : [http://gnoo.bo.ingv.it/afs/external/domani\\_T.gif](http://gnoo.bo.ingv.it/afs/external/domani_T.gif))

### Courants

625. La mer Adriatique est composée de trois bassins régionaux (nord, central et sud) présentant des caractéristiques différentes pour la latitude, la bathymétrie, la physiographie et la biogéochimie. Trois types de masses d'eau ont été identifiées en Adriatique par Zore — Armanda (1963), différenciées par la température (T, °C), la salinité (S) et la densité ( $\sigma_t$  en  $\text{kg/m}^3$ ). Ces trois régions sont :

- Eau dense de l'Adriatique nord (T= 11, S= 38,5 et  $\sigma_t = 29,52 \text{ kg/m}^3$ ) ;
- Eaux denses de l'Adriatique centrale (T= 12, S= 38,2 et  $\sigma_t = 29,09 \text{ kg/m}^3$ ) ;
- Eaux denses de l'Adriatique sud, appelées Eaux profondes (T= 13, S= 3,6 et  $\sigma_t = 29,20 \text{ kg/m}^3$ ).

626. Un quatrième type d'eau distinct est l'Eau levantine intermédiaire méditerranéenne, formée par le bassin levantin qui entre dans l'Adriatique via le détroit d'Otrante. L'intensité du taux d'échange de l'eau entre l'Adriatique et la mer Ionienne est influencée par la variabilité du champ de pression d'air, qui varie considérablement d'année en année.

627. L'impact variable de l'eau méditerranéenne influence également la production primaire et secondaire (Cushman-Roisin *et al.*, 2001). L'eau levantine intermédiaire modifiée, qui entre dans la mer Adriatique via le détroit d'Otrante, recircule dans le bassin central. Toutefois, la partie des eaux salées du sud circule vers le nord jusqu'au golfe de Trieste, tournant vers l'ouest et formant un tourbillon cyclonique dans l'Adriatique nord. L'eau dense adriatique nord est générée localement en hiver, lorsque la température de l'eau descend en dessous de 12 °C. Ces eaux froides et salines coulent et se déplacent vers le sud le long du côté adriatique ouest près du fond jusqu'à ce qu'elles atteignent la mer Ionienne via le détroit d'Otrante (Artegiani *et al.*, 1997a ; Russo *et al.*, 2005). Un système frontal marin, essentiellement visible en hiver, divise les eaux côtières des eaux du large, ces dernières contenant les apports en eau douce du Pô et d'autres cours d'eau mineurs, illustrant une stratification thermohaline partielle. Les eaux du large dans la partie est du bassin ne sont pas influencées par les apports continentaux et sont généralement caractérisés par un degré inférieur de stratification hivernale.

628. Les vents dominant, la « bora » (nord-est) et le « sirocco » (sud-est), entraînent des modifications des propriétés hydrologiques en altérant la stratification et les régimes de stabilité verticale et en modifiant les caractéristiques physiques du bassin en général (Cushman *et al.*, 2001). Cela se reflète dans les propriétés biogéochimiques du bassin, ainsi que dans la biomasse et la structure de la communauté pélagique du phytoplancton (Mauri *et al.*, 2007). L'extension spatiale et temporelle de la stratification saisonnière, caractérisée par des pycnoclines variables, montre également une forte variabilité interannuelle de l'intensité et de la durée (Socal *et al.*, 2008).

629. Trois régions de propriétés de la masse d'eau verticale relativement homogènes (masses d'eau climatologiques) existent dans la sous-région : (i) la mer Adriatique nord, de la courbe isobathe de 100 m à l'angle nord du bassin ; (ii) l'Adriatique centrale comprenant les dépressions de Pomo, plus de 250 m de profondeur ; et (iii) l'Adriatique sud commençant à peu près au seuil de Pelagosa au canal d'Otrante. En surface, la circulation hivernale générale est composée uniquement de segments de courant nord adriatique et sud adriatique et le champ de flux est très différent de toutes les autres saisons (Figure 5.5). La circulation générale est dominée par des effets de compensation de la température et de la salinité, ce qui ne donne aucun signal de densité consécutive. Le transport et la circulation barotropes induits par le vent sont probablement des composantes majeures de la circulation générale en hiver (Artegiani *et al.*, 1997b).

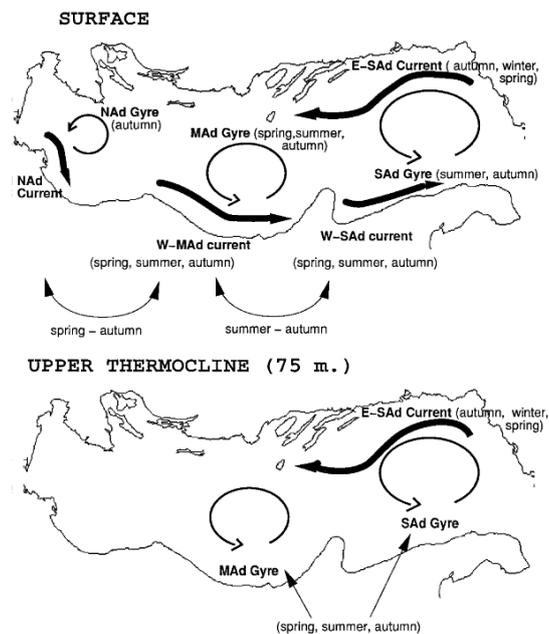


Figure 5.5 : Schémas de la circulation baroclinique de la mer Adriatique (Artegiani *et al.*, 1997b)

630. Le champ de flux printemps-été est caractérisé par l'apparition de segments de courant ouest (courants ouest adriatique centrale, ouest adriatique sud) et des deux tourbillons cycloniques de la circulation adriatique. La stratification verticale saisonnière dans le bassin déclenche l'apparition à la surface de tourbillons et d'intensifications limitrophes, plus généralement de remous et de jets, probablement en raison des instabilités barocliniques/barotropiques non linéaires dans le bassin. En été, les plus petites échelles apparaissent et le courant est adriatique sud faiblit. Les conditions automnales se caractérisent par une cohérence spatiale maximale dans la structure générale de la circulation. Il existe trois tourbillons cycloniques, un courant limitrophe Adriatique ouest continu, connecté entre les trois sous-bassins, et un courant adriatique sud intense. En automne, on constate une entrée et une propagation d'Eau levantine intermédiaire modifiée maximales, provoquant un réchauffement maximal des couches de subsurface de l'Adriatique nord. L'agrégation de la circulation générale dans les structures à grande échelle pourrait être due à la fois à la stabilisation de la colonne d'eau et à la structure de la force externe de circulation. L'afflux d'Otrante d'Eau levantine intermédiaire modifiée pourrait être une partie substantielle de cette force externe. Le vent entraînant en automne comprend également un vent sud-est, appelé « sirocco », qui, à son tour, pourrait renforcer l'afflux d'eau à Otrante.

631. À la profondeur de la thermocline saisonnière (75 m), on a identifié la présence du courant adriatique sud-est et du tourbillon adriatique sud. Le tourbillon adriatique central n'est pas manifeste à cette profondeur en été, comme c'est le cas pour le champ de flux de surface. Le champ de flux printemps-été est aussi caractérisé par des échelles spatiales plus petites qu'au cours des deux autres saisons (Artegiani *et al.*, 1997b).

632. Les eaux profondes de l'Adriatique peuvent être séparées en deux catégories : la première, clairement formée dans la région adriatique nord, froide et relativement douce, trouvée dans l'adriatique nord et centre, et la seconde d'une température et d'une salinité bien plus élevées, dans le

sud de l'Adriatique. Le mélange vertical entre les masses d'eau est un processus dynamique extrêmement puissant dans le bassin, en particulier comme explication de la modification de l'Eau dense adriatique nord en eau dense adriatique centre (Artegiani *et al.*, 1997a).

633. Le côté occidental du bassin adriatique est un site de segments de courants intenses, qui sont déconnectés dans les trois bassins (nord, centre et sud) au printemps et en été. Les conditions automnales montrent une circulation cyclonique globale avec l'intensification de trois tourbillons cycloniques dans les sous-bassins. La force de la circulation générale a trois composantes majeures, peut-être d'égale importance pour l'ensemble de la machine dynamique de l'Adriatique. La première composante est le ruissellement fluvial, caractérisé par les eaux à faible salinité dérivées principalement du Pô et des cours d'eau albanais. La force du Pô produit une compensation de température et des gradients de salinité de façon horizontale et est une composante importante du solde de flottabilité dans l'ensemble du bassin. La seconde composante est le vent et la force de la chaleur en surface, qui produit des masses d'eaux profondes dans l'Adriatique nord et sud et force la circulation à être saisonnière. La troisième composante est la force du canal d'Otrante, qui apporte de la chaleur et du sel dans la circulation tel un mécanisme de restauration pour les pertes de chaleur et les gains en eau au nord (Artegiani *et al.*, 1997b).

634. Le golfe de Trieste est limité en taille (20 km x 20 km) et apparaît dans la partie peu profonde (24 m) de l'Adriatique nord, mais il joue un rôle important dans la circulation de l'ensemble de la mer Adriatique nord. En général, la circulation du golfe est entraînée par la force du vent (en particulier, de la bora), les flux de flottabilité et la circulation générale de la mer Adriatique, avec les marées et les seiches (Bogunović et Malačič, 2009). La rivière d'Isonzo est l'afflux en eau douce le plus important dans le golfe de Trieste (moyenne de 204 m<sup>3</sup>/s selon Raichich, 1994). La dynamique du golfe est largement influencée par l'apport en eau douce de l'Isonzo, car ses eaux se dirigent vers la partie sud du golfe. En toute saison, il existe un afflux général dans le golfe de Trieste à son endroit le plus faible, le plus profond. Cet afflux crée un virage cyclonique dans la partie sud lors de conditions hivernales moyennes. Ce virage est renforcé au printemps et se termine dans un tourbillon cyclonique allongé lors des conditions estivales moyennes. Au printemps et en été, le tourbillon cyclonique est associé à un tourbillon anticyclonique près de la partie orientale fermée du golfe. Un profil de densité en forme de dôme dans l'axe du golfe dans sa partie interne au-dessus du fond apparaît avec cette circulation au cours du printemps et de l'été. Avec le climat automnal, on trouve un plus petit tourbillon anticyclonique dans la partie sud. Près de la surface de la mer, un écoulement est entraîné en hiver par la « bora » dominante le long de l'axe du golfe.

635. Cependant, cet écoulement est détaché de la côte sud vers la droite et traverse le golfe en diagonale, se mélangeant avec la ceinture de l'afflux d'eau douce le long du littoral nord. Ceci est présenté comme une conséquence de l'équilibre entre la force du gradient de pression causé par l'élévation accumulée dans la direction hors du golfe, la force de Coriolis, et la friction verticale entre les couches proches de la surface de l'eau. Pendant la saison stratifiée, la surface du golfe est occupée par un tourbillon anticyclonique dû à l'inertie de la rivière d'Isonzo (Malacic et Petelin, 2009).

636. Contrairement à l'Adriatique occidentale, la partie orientale regorge d'îles et de promontoires, parmi lesquels l'eau peut atteindre une profondeur de 100 m. Du fait des caractéristiques géographiques compliquées, chaque baie ou canal tend à avoir des caractéristiques océanographiques spécifiques. Le vent est un mécanisme de force important et est modulé de façon saisonnière. Les vents du littoral et les vents du large sont plus forts en hiver qu'en été du fait de l'état changeant de l'atmosphère au-dessus de l'Adriatique. Les vents les plus forts en Adriatique sont la bora et le sirocco qui sont accompagnés de différents schémas météorologiques. Les vents de la bora apparaissent avec une pression atmosphérique élevée, de températures de la mer et de l'air faibles, un ciel presque sans nuage, une faible humidité et pas de précipitation, tandis que les vents du sirocco sont accompagnés d'une faible pression atmosphérique, de températures de la mer et de l'air élevées, de grandes quantités de nuages, d'une forte humidité et de fortes précipitations.

637. Les décharges d'eau douce sont plus faibles le long du littoral italien, représentant un total de 900 m<sup>3</sup>/s. 59 % de l'eau douce provient des cours d'eau, 31 % de l'infiltration souterraine, de l'eau de source (6 %) et du ruissellement terrestre (4 %). Les événements de remontée, liés aux vents nord-ouest dominants, sont fréquents le long de la côte croate en été (Crushman-Roisin *et al.*, 2001).

638. La côte est, en général, a une zone de plateau étroite, avec une bathymétrie homogène et des caractéristiques de circulation déterminées par les eaux de la mer Ionienne. L'influence de l'afflux

d'eau douce se fait sentir aussi loin en aval, le long de la côte de la Croatie et de l'Albanie, où le déversement des cours d'eau atteint 1 000 m<sup>3</sup>. Le vent nord-est génère aussi une remontée littorale très intense le long de la rive albanaise en raison de la modification soudaine de l'orientation de la côte. Les vents de la bora induisent un courant sous-marin à des profondeurs intermédiaires près de l'accore albanais et affaiblissent le flux d'Eau levantine intermédiaire vers la mer Adriatique (Cushman-Roisin *et al.*, 2001).

639. Dans l'Adriatique, l'altération du niveau de la mer due aux ondes des tempêtes est fortement liée à l'amplitude des marées, qui est souvent plus élevée que dans le reste de la Méditerranée, en particulier dans l'Adriatique nord. La force astronomique produit une « co-oscillation » presque complète avec la Méditerranée, où l'entraînement continu de l'entrée sud est bien plus important que la force directe locale négligeable de la lune et du soleil. De plus, les vents sud-est (sirocco) font monter le niveau de la mer, en particulier dans l'Adriatique nord, où un sirocco prolongé et une pression atmosphérique faible peuvent augmenter le niveau de la mer jusqu'à 1 m. L'influence du vent est moins importante dans l'Adriatique sud, où l'influence de la pression atmosphérique est dominante donnant lieu à des modifications du niveau de la mer atteignant jusqu'à 30 cm (Tsimplis *et al.*, 1995 ; Bondesan *et al.*, 1995 ; Leder, 1988).

640. Les zones côtières peu élevées et leurs populations sont en danger pendant et après l'apparition d'un événement d'ondes de tempête. La montée du niveau de la mer due aux événements d'ondes de tempête a été étudiée entre 2000 et 2004 et les zones d'inondations potentielles ont ensuite été identifiées en utilisant un modèle numérique d'altitude avec résolution horizontale de 90 m. Les régions côtières les plus « risquées » ont été identifiées en se basant sur la combinaison de la détermination du niveau de risque d'une zone et le calcul de l'altération du niveau de la mer (1) (Krestenitis *et al.*, 2010). La lagune de Venise est la zone la plus risquée car elle présente le plus grand potentiel d'inondations et la densité de population la plus forte.

#### Sédiments

641. Les investigations géophysiques en Adriatique occidentale indiquent que le haut de la série de calcaire, se trouvant sous les dépôts argileux et sableux du Pliocène et du Quaternaire, présente une topographie très irrégulière. Ses plus grandes profondeurs (4-6 km) se trouvent a) entre Ravenne et Rimini, b) entre San Benedetto et Pescara, et c) sous le plateau albanais. Les sables récents sont principalement limités à la zone littorale ; le sable pléistocène, initialement fourni par les cours d'eau, couvre la majeure partie du plateau le plus profond. Entre ces zones, on trouve une ceinture de vase pro-littorale en forme de terrasse où est déposée la majeure partie de la récente boue terrigène. Le taux maximum d'accumulation dans cette ceinture est probablement d'environ 4,5 mm par an.

642. La partie restante de la boue récente est transportée dans l'eau de mer sous forme de flocons de petite taille qui restent suspendus au-dessus des zones du plateau les plus profondes. La majeure partie de celle-ci est déposée dans les bassins de l'Adriatique centrale (taux d'accumulation maximal pour l'Holocène en moyenne de 0,5 mm par an) et dans le bassin bathyal dans le sud-est. La zone la plus profonde de ce dernier bassin est formée par une plaine presque horizontale (environ 1 218 m de profondeur). La plus longue veine de cette plaine (240 cm de l'Holocène et 400 cm de la fin du Pléistocène) est composée d'environ 61 % de matières de turbidité, 5 % de cendres volcaniques (plus grossières que le limon fin) et 34 % de boue terrigène normale. Les chutes de cendres ont été limitées aux parties centre et sud-est de l'Adriatique (van Straaten, 1970).

643. Le Pô, drainant un bassin-versant d'environ 75 000 km<sup>2</sup>, est le principal point d'entrée de sédiments de la région. Les cours d'eau des Apennins, drainant des bassins-versants plus petits caractérisés par une production de sédiments très élevée, agissent tout à fait comme une sorte de source linéaire. Le dépôt adriatique pro-delta va jusqu'à 30 m d'épaisseur le long de la ceinture parallèle au rivage du Pô à la zone au sud du promontoire du Gargano et est caractérisé par une géométrie graduelle subaquatique. Les sigmoïdes progradantes reflètent les fluctuations de l'apport en sédiment, les impacts climatiques/anthropiques dans les bassins-versants et le régime énergétique du bassin. Les fluctuations d'afflux de sédiments au bassin donnent lieu à des géométries diagnostiques au sein du coin pro-delta de l'Adriatique et peuvent être quantifiées en établissant les contraintes chronologiques à partir de carottes de sédiments (Vollenweider *et al.*, 1992 ; Boldrin, *et al.*, 2005).

644. Les courants de basse mer dans l'Adriatique, ainsi que la forte charge sédimentaire du fleuve Drin, participent à la formation du delta, tandis que la croissance du delta de la Bojana-Buna de 1 à 1,5 km au cours des 100 dernières années est relativement lente par rapport aux autres deltas méditerranéens comme ceux du Rhône ou du Pô (environ 4 km en 100 ans). Le paysage deltaïque, en particulier les eaux de lagune et le littoral, est formé par de fortes inondations, provenant à la fois du cours d'eau et de la mer. D'après l'évaluation rapide de la valeur écologique du delta de la Bojana-Buna (Albanie/Monténégro), le long de la Bojana-Buna inférieure, une digue de cours d'eau naturelle s'est formée. Pendant les inondations, les particules de sédiments sableux grossiers s'accumulent d'abord, créant une faible crête d'une hauteur d'environ 1 à 2 m le long du banc. D'autre part, les vagues intensives peuvent provoquer des courants forts et une érosion qui balayent les sédiments le long du rivage.

645. Le fleuve Bojana-Buna présente un bassin-versant total d'environ 19 600 km<sup>2</sup> et un déversement moyen de 672 m<sup>3</sup>/s. Entre 1910 et 1980, le delta actif de la Bojana-Buna est passé de 1 à 1,5 km, en particulier à l'est, ce qui s'explique par le déversement principal via la branche orientale du fleuve. Depuis les années 1980, suite à la construction du réservoir de Drin, la charge sédimentaire a diminué et l'avant du delta est en partie détruit.

### 5.2.3 Répartition spatiale et temporelle des nutriments, de l'oxygène dissous et du pH

646. Dans l'Adriatique nord, les nutriments les plus répandus proviennent principalement de l'afflux important d'eau douce en nutriments qui atteignent le Pô (de Wit, 2002). Au début des années 1990, la contribution moyenne estimée de l'agriculture à la charge nutritive totale (phosphore) était de 22-25 % pour le Pô. La réduction de la consommation d'engrais et l'augmentation des rendements agricoles ont donné lieu à une légère réduction de l'excédent agricole en N et (en particulier) en P entre 1985 et 1995. Par conséquent, le ratio N-NO<sub>3</sub>/P-PO<sub>4</sub> (molaire) a augmenté de 50 (1985) à presque 100 (1995), reflétant le succès des mesures pour combattre la pollution au phosphore mais également l'utilisation agricole intensifiée du bassin du fleuve (Ludwig *et al.*, 2009). Les concentrations en nutriments ont diminué au cours de la dernière décennie, car de nouveaux réseaux d'égouts et de nouvelles usines de traitement de l'eau douce ont été construits, selon l'étude du PNUE/DEWA de 2004 intitulée « l'eau douce en Europe ».

647. Le fleuve nommé Buna en Albanie et Bojana au Monténégro forme partiellement la frontière entre les deux pays et fournit l'afflux principal d'eau douce à la région adriatique sud-est. Dans l'Adriatique sud-est, en plus du flux du fleuve Buna/Bojana, plusieurs autres cours d'eau contribuent au bassin-versant Buna/Bojana jouant ainsi le rôle d'homologue au fleuve du Pô de l'Adriatique nord-ouest. La zone ROFI de la Buna/Bojana présente des concentrations en nutriments supérieures et des ratios Si/DIN supérieurs avec le panache du Pô, mais en surface, les concentrations en chlorophylle s'avèrent être similaires. La combinaison des nutriments naturels et anthropogéniques dans les déversements fluviaux provenant de l'Adriatique sud-est, bien que différents en magnitude de flux et en concentration de nutriments inorganiques provenant de l'Adriatique nord-ouest, a des effets similaires sur les communautés de phytoplancton du littoral et sur le recyclage conséquent des nutriments qui apparaît le long de la côte. (M. Marini, *et al.*, 2010).

### 5.2.4 Relation entre le bassin-versant et la sous-région

648. Le Pô a, de loin, le plus grand bassin versant de la sous-région, drainant un bassin-versant d'environ 75 000 km<sup>2</sup>. Des bassins de drainage plus petits se trouvent en Slovénie, en Croatie, en Bosnie-Herzégovine, au Monténégro et en Albanie (Figure 5.6).



Figure 5.6 : Schéma illustrant les bassins-versants en orange pour la sous-région adriatique (Blue Plan).

649. La mer Adriatique reçoit de grandes quantités d'eau douce en provenance de nombreux cours d'eau. La plus grande est le fleuve du Pô qui contribue à 46,5 % de l'ensemble de l'apport en eau douce. La plupart des apports fluviaux sont du côté nord-ouest (72 %), tandis que seulement 27 % de l'eau douce provient du côté est. Le plus grand fleuve de la zone sud-est le Drin, qui donne 10 % de l'apport annuel en eau douce. Les cours d'eau apportent de grandes quantités d'eaux de faible salinité et de matières drainées depuis la terre (Cushman-Roisin *et al.*, 2001 ; Vollenweider *et al.*, 1992).

650. La côte de l'Albanie fait environ 429 km de long, la partie nord appartenant au bassin adriatique, tandis que la partie sud appartient à la côte ionienne. L'Albanie compte 3 100 000 habitants, avec environ 58 % de la population vivant sur la zone côtière. Sa côte adriatique, avec une longueur totale de 259 km, est une plaine alluviale basse de 4 à 50 km de large. La côte basse est interrompue à un certain nombre d'endroits par des collines à un angle droit de la côte formant des caps. Ceux-ci divisent la côte en un certain nombre d'unités physiographiques fermées de différentes tailles. Plusieurs petits deltas et petites lagunes littorales, formés par neuf cours d'eau, se trouvent dans la partie Adriatique de la côte. Le littoral montre des changements dynamiques à proximité des embouchures de fleuves des deltas qui sont encore conservés dans leur état naturel. Dans le cas de la rivière Darci, le vieux delta subit une forte érosion à l'embouchure de la rivière car l'apport en sédiments vers la côte a presque complètement cessé (NDA Albanie, 2003).

651. La côte de la Bosnie-Herzégovine fait 25 km de long. Seuls 24 % du réseau national hydrogéographique se déverse dans la mer Adriatique, tandis que 76 % va vers le bassin-versant de la mer Noire (rivière Save). Les principales rivières sont les bassins-versants fluviaux de la Neretva, la Trebišnjica et la Cetina. La densité de population dans la région méditerranéenne du pays est de 33 habitants par km<sup>2</sup>. La plus grande ville de la région littorale est Neum, avec 4 300 habitants (NDA Bosnie-Herzégovine, 2003).

652. La longueur de la côte continentale adriatique croate est de 1 777 km, divisée en plusieurs régions : Istre, Hrvatsko Primorje et Dalmatie. La région littorale dalmatienne est la plus longue, s'étendant de Premuda près de Zadar à la frontière sud avec le Monténégro à Dubrovnik. Cette région englobe 4 324,5 km de côtes dont 74 % sont des îles. La Croatie a une population littorale permanente de 1 000 000 de personnes qui augmente de façon considérable en été en raison du tourisme. Les plus grandes villes côtières sont Split, Rijeka, Zadar, Pula, Šibenik et Dubrovnik. La région dalmatienne représente deux tiers de l'ensemble de la longueur îlienne et littorale adriatique. Parmi les principaux écoulements fluviaux sur la côte croate, on trouve les rivières Žrmanja, Krka et Cetina (NDA Croatie, 2003).

653. La côte italienne s'étend sur 7 500 km et l'ensemble du territoire se trouve dans des bassins de drainage se déversant dans la mer Méditerranée. Plusieurs fleuves se déversent dans la mer Adriatique (Pô, Piave, Adige et Reno). Parmi les grandes villes, on compte Trieste, Venise, Ancône et

Brindisi. Le Pô, sur la partie nord-ouest de l'Adriatique, avec d'autres cours d'eau importants drainant le sud divisent les Alpes (Reno, Adige, Brenta, Piave, Isonzo, etc.) (NAP Italie, 2005).

654. La côte méditerranéenne du Monténégro a une population d'environ 150 000 habitants et une longueur totale de 300 km (dont 105,5 km dans la baie de Boka, la longueur du littoral des îles est de 25,6 km, tandis que la longueur du rivage du fleuve Bojana est de 22,8 km). Les principales villes sont : Bar, Herceg Novi, Kotor, Ulcinj, Budva et Tivat. La population de ces villes augmente en été en raison du tourisme. Le fjord de la baie de Boka Kotorska est l'un des tronçons les plus renommés de la côte monténégrine, dont une partie a été inscrite au patrimoine mondial de l'UNESCO. La concentration de différentes activités dans cette partie de la côte est très élevée et des problèmes de pollution (dus aux eaux usées communales, aux activités maritimes et à l'industrie) sont énoncés, exacerbés par la nature fermée de la baie et l'échange lent de l'eau avec la mer libre.

655. Les principaux cours d'eau drainant dans la zone littorale slovène sont la Rizana, la Badaševica et la Dragonja.

### 5.3 *Caractéristiques biologiques*

#### 5.3.1 Description des communautés biologiques de colonne d'eau

##### *Phytoplancton*

656. La fraction la plus importante de phytoplancton dans l'Adriatique est les nanoflagellés, qui constituent, en moyenne, presque deux tiers de la communauté de phytoplancton à l'échelle annuelle. Les diatomées, en revanche, constituent moins d'un tiers de l'abondance du phytoplancton et prédominent seulement pendant les efflorescences (jusqu'à 95 % du phytoplancton total). Les dinoflagellés et coccolithophoridés sont d'une importance numérique mineure dans la communauté de phytoplancton.

657. La dynamique de la population de phytoplancton dans de nombreuses parties de cette sous-région est fortement influencée par l'hydrologie et les bassins-versants adjacents. Par exemple, le golfe de Trieste a été étudié uniquement récemment pour le phytoplancton, mais il est bien reconnu que la dynamique du phytoplancton dans le golfe est principalement engendrée par le ruissellement d'eau douce et est le reflet des conditions hydrologiques et nutritives du golfe de Trieste qui changent rapidement. La biomasse de chlorophylle dans la couche de surface présente deux pics annuels. Une forte variabilité temporelle est également caractéristique de la structure de la communauté de plancton dans la couche de surface. La saisonnalité est similaire à celle de la biomasse de chlorophylle.

658. Des études de la flore d'algues albanaise ont commencé de façon régulière à partir de 1990, sur la base de la création de groupes de recherche respectifs dans certaines universités et institutions académiques des sciences. Quelques décennies plus tôt, on trouvait des études très peu nombreuses et sporadiques effectuées par des experts étrangers, mais, concernant les études littorales et marines, les données étaient quasiment inexistantes.

659. Plus de 440 espèces ou sous-espèces de diatomées (70 centricés et 370 pennateae) ont été décrites de façon complète le long des zones humides littorales d'eau saumâtre (Miho et Witkowski, 2003). Les genres trouvés le plus fréquemment sont *Chaetoceros*, *Cyclotella*, *Actinocyclus*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Amphora*, *Mastogloia*, etc. avec environ 111 espèces identifiées, dont 74 diatomées, 27 dinoflagellés et 10 espèces d'autres groupes comme les coccolithophoridés, les silicoplagellatés, les eugénophytés, les chlorophytés.

660. La composition complète du phytoplancton en Adriatique orientale n'est toujours pas connue. Les diatomées englobent plus de 80 % d'espèces. Tandis que le microphytoplancton (cellules > 20 µm) est mieux connu, le nanoplancton (cellules < 20 µm) dans les eaux croates est très peu étudié. Certaines investigations ont été réalisées sur le picoplancton dans les eaux littorales et libres de l'Adriatique centrale entre 1996 et 1998 (Ninčević-Gladan *et al.*, 2006). Les résultats montrent que la cyanobactérie *Synechococcus* compose même 96 % de la communauté du picoplancton. Le picoplancton est bien plus représenté dans la biomasse du phytoplancton des eaux libres (31 %) que dans la mer littorale (9 %).

661. La *Checklist of Phytoplankton in the Eastern Adriatic Sea* a été publiée en 2002 (Vilicic *et al.*, 2002), basée sur un catalogue très complet du phytoplancton en Adriatique nord et centrale (Kerzan et Stirn, 1976), ainsi que des informations plus récentes sur la période 1981-2000. Selon de récentes découvertes, le phytoplancton de la mer Adriatique orientale est composé de 888 espèces déterminées. Les diatomées sont représentées sous 518 espèces (330 diatomées pennates, 176 centriques), les dinoflagellés 254, les prymnesiophycés 101, les chrysophycées 2, les raphidophycés 1 et les euglenophycés 2 espèces. La liste est accompagnée d'informations sur la répartition générale des espèces dans les parties nord, centre et sud de l'Adriatique orientale. Après 2002, de nouveaux taxons ont été enregistrés. Aujourd'hui, la plupart des recherches sur le phytoplancton sont liées à des sites importants pour la surveillance de l'état du milieu marin comme les estuaires des cours d'eau (Žrmanja, Krka, Neretva), ainsi qu'à des sites contenant certaines caractéristiques comme le détroit d'Otrante et la fosse de Jabuka. En règle générale, l'Adriatique nord est bien mieux étudiée que la partie du centre ou du sud. Quelques sites spécifiques sont décrits de façon détaillée ci-après.

662. La diatomée centrique *Cyclotella choctawhatcheeana* développe des populations denses dans l'estuaire karstique de la rivière Žrmanja, indiquant la préférence pour des conditions oligotrophes et saumâtres (Burić *et al.*, 2007). Une dinoflagellé très rare *Ceratoperidinium yeye* a été trouvée récemment en Adriatique orientale. Cette espèce a été enregistrée sur quelques sites seulement dans toute la mer Méditerranée (Ninčević-Gladan *et al.*, 2006b).

663. 146 taxons de microphytoplancton ont été enregistrés dans le delta de Neretva, la plupart d'entre eux étant des diatomées. Dans les eaux saumâtres du lac Vlačka, deux nouvelles espèces ont été découvertes : *Oxyphysis oxytoxoides* et *Erythrospidinium agile agg* (Jasprica et Hafner, 2005).

664. Le petit lac marin karstique de Rogoznica est un site très intéressant et caractéristique. Dans ce lac naturellement eutrophe, hypoxique et anoxique avec l'interface eau saumâtre/eau de mer, Burić *et al.* (2009) ont trouvé 40 taxons, principalement des diatomées (62,5 %) et des dinoflagellés (29 %). La recherche a apporté des preuves de populations exceptionnellement denses et l'apparition saisonnière récurrente deux dinoflagellés rares : *Prorocentrum arcuatum* Issel et l'espèce hétérotrophe *Hermesinum adriaticum* Zacharias. La recherche sur l'abondance du phytoplancton et la saisonnalité dans la mer Adriatique nord-est de 2002 à 2007 a montré la relation directe avec le régime annuel du déversement du Pô (Vilicic *et al.*, 2009). Les taxons dominants sont les diatomées *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros socialis*, *Chaetoceros vixvisibilis* et *Pseudo-nitzschia* qui apparaissent à des abondances maximales. Parmi le phytoplancton, le plus commun est le coccolithophoridé *Emiliania huxleyi* et la dinoflagellé *Prorocentrum minimum*.

665. Le détroit d'Otrante entre les mers Adriatique et Ionienne est une zone oligotrophe (Vilicic *et al.*, 1995). L'enrichissement de la couche euphotique avec les nutriments est principalement dû au déversement des cours d'eau albanais et grecs, ainsi qu'à un mélange et à la remontée en hiver/début de printemps, donnant lieu à des efflorescences périodiques de phytoplancton. La partie orientale du détroit est surtout influencée par le courant affluent du nord par la mer Ionienne et la partie occidentale par le courant s'écoulant du sud depuis la mer Adriatique. Le phytoplancton de la fosse de Jabuka a été étudié en 2003 durant le mélange hivernal des eaux, ainsi que pendant la période printanière de stratification (Burić, 2007). Les espèces dominantes sont : *Calyptrosphaera* sp., *Emiliania huxleyi*, *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros socialis* et *Pseudo-nitzschia* spp. La répartition spatiale du phytoplancton est liée aux échanges des masses d'eau.

#### Zooplancton

666. Dans le cadre de la préparation du premier Rapport national pour la CDB, 767 espèces marines de zooplancton ont été enregistrées pour la Croatie (Kršinić, 1997) : 220 protozoaires, 117 cnidaires, 10 cténophores, 15 rotatoria, 18 mollusques, 340 arthropodes — la plupart d'entre eux étant des copépodes (224), 11 chaetognaths et 36 tuniciers. En dehors des protozoaires, le groupe le plus étudié est celui des copépodes. Sur la base de variations spatiales dans l'abondance de l'espèce dominante, trois communautés caractéristiques de copépodes peuvent être définies dans l'Adriatique orientale (Hure et Kršinić, 1998). La biomasse des copépodes est en corrélation avec leur prédateur Chaetognathes, les plus abondants étant *Sagitta inflata*, *S. lyra* et *S. minima* (Batistić, 1994). Les chaetognates représentent une part importante de la biomasse du zooplancton à la fin de l'été et au cours de l'automne, en particulier le long de la côte.

667. L'abondance des ostracodes planctoniques dans la mer Adriatique profonde (Brautović *et al.*, 2007) a montré que, parmi quinze espèces trouvées, les dominantes étaient *Porroecia spinirostris* et *Archiconchoecia striata*. Un cladocère marin, *Penilia avirostris*, est généralement un élément dominant du métazooplancton en période estivale, avec des abondances communément supérieures à celle des copépodes.

668. Les recherches montrent que l'abondance des copépodes, en particulier de *Calanus helgolandicus*, est fortement liée à l'apparition de requins pèlerins *Cetorhinus maximus* dans la mer Adriatique orientale (Soldo *et al.*, 2008). *Acartia italica* est le seul copépe strictement protégé en Croatie. Il s'agit du seul copépe planctonique dans le petit lac marin de Rogoznica avec hypoxie périodique caractéristique et même une anoxie totale (Kršinić *et al.*, 2000). Après une période d'anoxie totale, lorsque survient une mortalité massive de tous les organismes, *A. italica* récupère rapidement car il est adapté aux conditions extrêmes. Cette espèce joue un rôle important dans le fonctionnement de l'écosystème spécifique de ce site certes petit, mais de grande importance.

669. Concernant le macrozooplancton, Batistić *et al.* (2007) ont signalé, dans la colonne d'eau, entre 0 000 et 1 000 m, dans une station de haute mer dans la partie nord de la fosse Adriatique sud, que sur 66 espèces identifiées, on trouvait 19 hydroméduses, 14 calycophores, 3 cténophores, 2 hétéropodes, 12 ptéropodes, 8 polychètes et 8 chaetognathes. Le calycophore *Muggiæa atlantica*, nouvellement observé dans l'Adriatique, a remplacé son ancien congénère dominant *M. kochi*; le ptéropode *Creseis virgula* a supplanté *C. acicula* et *Pelagobia longicirrata*, auparavant très rare, est maintenant le polychète pélagique dominant. Les recherches sur le macrozooplancton gélatineux hauturier dans l'Adriatique sud (Onofri *et al.*, 2009) par la méthode de Blue Diving a présenté des données importantes sur l'écologie de plusieurs espèces comme *Solmissus albescens*, *Nanomia bijuga* et *Forskalia formosa*.

670. L'un des éléments les plus importants du macrozooplancton dans l'Adriatique est la scyphoméduse en raison de ses essaims périodiques. Les essaims de piqueur mauve *Pelagia noctiluca* sont particulièrement problématiques du fait de son dard plutôt sévère. De grandes densités de *Pelagia* ont été observées avec une périodicité d'environ 12 ans dans la Méditerranée occidentale et centrale, tandis que des essaims dans la mer Adriatique ont été moins prévisibles. La méduse lune *Aurelia aurita* est habituellement présente en été/au printemps dans la mer Adriatique. Depuis 2003, des efflorescences massives de méduses blanches *Rhizostoma pulmo* sont apparues au cours de l'automne/hiver dans l'Adriatique nord (Ramsak et Stopar, 2007).

671. Une domination croissante de deux espèces de macrozooplancton allochtones a récemment été enregistrée : l'hydroméduse *Niobia dendrotentaculata* et le thaliacé *Thalia orientalis* (Batistić *et al.*, 2009). En août 2006, *N. dendrotentaculata* avec 11,2 ind./m<sup>3</sup> représentait 44 % du nombre total d'hydroméduses dans la région littorale de l'Adriatique sud, tandis qu'*Aglaura hemistoma* qui dominait auparavant voit son abondance diminuer. De même, *T. orientalis* a remplacé son ancien congénère dominant *Thalia democratica* dans les eaux littorales et libres de l'Adriatique sud en janvier 2008. Ces modifications fauniques suivent les modifications de la structure de la communauté du zooplancton enregistrées à partir de 1995 dans la mer Adriatique, probablement en raison des fluctuations hydroclimatiques à grande échelle, c'est-à-dire l'Oscillation nord atlantique (ONA).

672. Un nouveau copépe *Speleophria mestrovi* a été décrit depuis une grotte anchihaline sur l'île de Vis; le premier signalement d'un copépe misophrioïde trouvé dans une grotte anchihaline adriatique (Kršinić, 2008). Un nouveau genre et espèce de copépe calanoïde *Speleohvarella gamulini* a été décrit depuis la grotte anchihaline de Živa Voda sur l'île de Hvar (Kršinić, 2005a), tandis qu'un nouveau genre et espèce de copépe calanoïde appartenant à la famille de *Ridgewayiidæa* a été décrit depuis une grotte anchihaline sur la petite île de Badija (Kršinić, 2005b). Une autre nouvelle espèce de Mesaiokeras est décrite de l'hyperbenthos de Veliko Jezero, un lac marin sur l'île de Mljet; la première espèce de la famille *Mesaiokeratidæ* signalée en Méditerranée (Kršinić, 2003). La découverte la plus récente est une nouvelle espèce d'appendiculaire, *Fritillaria ragusina*, qui était décrite à partir de spécimens recueillis entre la surface et 300 m de profondeur à trois stations dans les eaux libres de l'Adriatique sud (Garić et Batistić, 2010).

### 5.3.2 Informations sur la faune de fond invertébrée, les macroalgues et les angiospermes

#### Faune benthique

673. Un nombre limité de groupes de faune benthique invertébrée, macroalgues et angiospermes ont été étudiés en Adriatique. Il y a plus de 300 espèces d'algues, 40 espèces d'éponges, 150 espèces de crustacés et 340 espèces de mollusques dans l'Adriatique. Plusieurs espèces de baleines font également partie des visiteurs occasionnels. La plupart des espèces connues sont réparties le long de la zone littorale (jusqu'à 200 m de profondeur), mais certaines d'entre elles se trouvent dans la zone de transition vers la zone bathyale (200 à 300 m de profondeur), comme la langoustine *Nephrops norvegicus* et l'éponge pétrifiée (*Thenea muricata*) qui ont une grande importance économique.

674. Les principales zones de biodiversité au Monténégro incluent la zone autour de la baie de Boka Kotorska, qui est un site de frai important et probablement la région la mieux étudiée biologiquement et qui dispose d'un certain nombre d'espèces rares comme les mollusques *Tijsira orahoviciana* et *Mitra zonata*. En raison, en partie, de la productivité des invertébrés benthiques, l'estuaire de Bojana est un lieu important pour la nutrition des oiseaux migrateurs (quatrième rapport national du Monténégro pour la Convention sur la diversité biologique).

675. Les données sur le macrozoobenthos marin en Albanie sont relativement limitées. Les groupes les plus étudiés du macrozoobenthos sont les échinodermes, les crustacés décapodes et les mollusques. Les données sur les éponges, les cnidaires, les bryozoaires, les annélides et les ascidies sont pauvres et ont été recueillies seulement récemment. Plusieurs groupes benthiques sont quasiment ou totalement inévidés. Parmi les premières études sur le benthos marin en Albanie, on trouve celle sur les échinodermes par Gjikhuri (1980). Dans sa thèse, il a rapporté la répartition d'environ 46 espèces d'échinodermes le long de la côte albanaise. Vaso, lors de ses thèses de doctorat, a étudié les décapodes en Albanie, indiquant plus de 100 espèces (Vaso et Gjikhuri, 1993).

676. Une étude taxonomique et écologique comparative sur les mollusques (gastéropodes et bivalves) des lagunes du littoral albanaise a été menée par Beqiraj (2004), où environ 77 espèces ont été signalées. Les mollusques et les annélides prédominent dans la composition des espèces du macrozoobenthos des lagunes du littoral albanaise et la plus forte abondance a été enregistrée pour les mollusques, les crustacés et les chironomides (Beqiraj *et al.*, 2008). Concernant la faune benthique, 219 espèces animales classées dans les catégories taxonomiques suivantes ont été déterminées dans la baie de Neum-Klek : Porifera (19), Cnidaria (11), Annelida (20), Echiurida (1), Artropoda (312), Mollusca (91), Tentakulata (6), Echinodermata (29) et Tunicata (12). La plus importante est Mollusca qui compte 89 espèces de 35 familles enregistrées.

677. Le benthos de l'Adriatique a été décrit de façon très détaillée dans le livre *Biological oceanography – Benthos – Benthos bionomy of Adriatic Sea* (Pérès et Gamulin-Brida, 1973). En règle générale, les données sur le microphytobenthos marin en Croatie, composés de diatomées (*Bacillariophycées*) et d'algues bleu-vert (*Cyanobactéries*) sont pauvres. Pour ces dernières, Ercegović (1932) a étudié les cyanobactéries lytophytiques et décrit plusieurs genres endémiques comme : *Dalmatella*, *Brachynema*, *Solentia*, *Hormathonema* etc. Sur 128 taxons enregistrés parmi les cyanobactéries en Croatie, 53 (41 %) sont endémiques de l'Adriatique (Antolić, 1997).

678. En Croatie, 5 655 espèces d'invertébrés marins ont été enregistrées. D'après les données disponibles, seule une espèce d'ascidien *Polycitor adriaticus* est déclarée comme endémique de l'Adriatique. Parmi 221 espèces d'éponges enregistrées, les espèces suivantes sont strictement protégées : *Geodia cydonium* ; *Sarcotragus spinosulus* ; *Tethya spp.* ; *Axinella cannabina*, *Axinella polypoides* ; *Eunapius subterraneus molisparpanis* ; *Eunapius subterraneus subterraneus* ; *Asbestopluma hypogea* ; *Aplysina cavernicola* ; *Petrobiona massiliana* et *Oopsacas minuta*. *Sponigia officinalis* est toujours exploité selon la loi de pêche marine croate.

679. Les éponges *Oopsacas minuta* et les carnivores *Asbestopluma hypogea* qui sont généralement typiques des eaux profondes de la zone bathyale sont particulièrement intéressantes, mais récemment des espèces ont été trouvées dans plusieurs grottes littorales en Croatie (Bakran-Petrioli *et al.*, 2007). Du fait de la morphologie de ces grottes, l'eau froide de l'hiver reste là tout au long de l'année, ainsi ces habitats constituent l'enclave du bathyal dans la zone infralittorale/circalittorale.

680. Les coraux sont des éléments de structuration d'habitats très importants. En 2008, on a établi la liste rouge des coraux menacés en Croatie (Kružić, 2008). Soixante cinq espèces ont été classées ; celles en danger critique d'extinction sont : *Eunicella verrucosa*, *Sagartia luciæ*, *Paramuricea macrospina*, *Pachycerianthus multiplicatus*, *Antipathes subpinnata*, *Gerardia savaglia*, *Dendrophyllia ramea* et *Coralium rubrum* qui est toujours exploité. Les espèces strictement protégées sont : les coraux noirs *Antipathes dichotoma*, *A. mediterranea* et *A. subpinnata* ainsi qu'*Astroides calycularis* et *Gerardia savaglia*. L'espèce de structuration de l'habitat qui s'avère particulièrement importante est *Cladocora caespitosa*, un corail scléractiniaire colonial. Grâce à des zooxanthelles symbiotiques, des biohermes assez importantes de cette espèce ont pu être trouvées. Le banc de *Cladocora caespitosa* dans le lac Veliko Jezero dans le parc national de Mljet est important par sa grande taille de 650 m<sup>2</sup>. Il s'étend à une profondeur de 4 à 18 m et est l'un des plus grands bancs de ce corail trouvé en Méditerranée (Kružić et Požar-Domac, 2002).

681. La gorgone rouge *Paramuricea clavata* et la jaune *Eunicella cavolini* forment également des communautés coralligènes riches autour des îles croates. Cette dernière est particulièrement importante pour les biocénoses de fond marin escarpé et profond et pour la biocénose de grottes semi-obscurées. Les arbres et branches de corail sont souvent envahis par d'autres organismes et représentent également des sites de dépôt pour les œufs de céphalopodes et de poissons cartilagineux.

682. Les communautés de fond dur en Slovénie abritent certaines espèces de structuration de l'habitat connues pour être bioconstructeurs et bioérodeurs. La principale espèce de ce type est la datte de mer (*Lithophaga lithophaga*), qui est une tanière forée dans le grès. En raison de l'exploitation de cette espèce par le passé, de nombreux grands rochers ont été fragmentés en pièces plus petites, qui étaient par conséquent moins intéressantes pour la colonisation des organismes benthiques. Une autre espèce formant un habitat dans la région littorale slovène est le corail méditerranéen rocailleux (*Cladocora caespitosa*) qui forme un faciès unique avec cette espèce dans la biocénose de l'algue photophile (Lipej *et al.*, 2006) dans le monument naturel de Cape Madona.

683. La mer profonde de l'Adriatique est encore peu étudiée, il n'est donc pas certain que des récifs de corail hauturiers se trouvent dans l'Adriatique orientale. Les éléments de cette biocénose à plus de 300 m de profondeur (les « coraux blancs ») sont connus à la fosse de Jabuka et la région entre les îles de Lastovo et Palagruža (Bakran-Petricioli, 2007). Les espèces caractéristiques sont *Lophelia pertusa* et *Madrepora oculata*. Les bryozoaires, qui sont également des éléments importants de structuration de l'habitat, appartiennent à l'embranchement le moins connu de la mer Adriatique. La liste des bryozoaires avec 184 espèces a été publiée en 2001 (Novosel et Požar-Domac, 2001), mais aujourd'hui 263 espèces sont enregistrées. *Hornera lichenoides* est une espèce strictement protégée.

684. La faune décapode adriatique affiche une forte densité. La liste a récemment été complétée (Kirinčić et Stevčić, 2008). Jusqu'ici, 241 espèces de décapodes ont été répertoriées, dont de nouvelles espèces récemment enregistrées pour la mer Adriatique, ainsi que huit espèces exotiques des eaux asiatiques et nord américaines. Jusqu'à maintenant, aucun migrant lessepsien n'a été signalé. Plusieurs espèces ont été exploitées par la loi Marine Fishery Act comme : *Maja squinado*, *Homarus gammarus* et *Palinurus elephas*.

685. Les espèces benthiques strictement protégées des autres groupes d'invertébrés marins sont : *Asteroidea*—*Asterina panzeri* et *Ophidiaster ophidianus* ; *Bivalvia*—*Pholas dactylus*, *Lithophaga lithophaga* et *Atrina pectinata* (*Atrina fragilis*) ; *Gastropoda* — *Erosaria spurca*, *Luria lurida*, *Zonaria pyrum*, *Charonia lampas* (*Ch.rubicunda*, *Ch.nodiferum*), *Charonia tritonis* (*Ch.seguenzæe*), *Ranella olearia*, *Tonna galea*, *Mitra zonata*, *Pinna nobilis* et *Pinna rudis*. De nouvelles espèces d'invertébrés marins sont encore enregistrées en Croatie, certaines d'entre elles sont des espèces exotiques.

#### Macroalgues

686. Malgré une tradition relativement longue d'études des macroalgues dans la partie slovène du golfe de Trieste, le nombre d'espèces connues vivant dans la zone n'est pas encore établi. Selon Matjašič *et al.* (1975) et Vuković (1984), au moins 277 espèces d'algues vivaient dans la mer littorale slovène.

687. Dans la biocénose des vases supralittorales et médiolittorales, les cyanobactéries représentent les principaux organismes photosynthétiques. Les cyanobactéries épilitiques représentent un segment important de la biocénose des rochers supralittoraux, lui donnant une couleur caractéristique noir-brun foncé. Les cyanobactéries endolitiques sont caractéristiques du médiolittoral où elles apportent la couleur brun-olive des rochers de la biocénose du médiolittoral supérieur (Bakran-Petricioli, 2007). Dans la biocénose du médiolittoral inférieur, les cyanobactéries endolitiques vivent à la base de la partie vivante des algues coralligènes rouges comme *Lichophyllum lichenoides*. La cyanobactérie *Rivularia atra* est l'organisme caractéristique de la biocénose des grottes médiolittorales en Croatie (Bakran-Petricioli, 2007).

688. Les taxons macroalgues les plus nombreux sont les algues rouges *Rhodophyta* avec 350 espèces enregistrées sur 816 méditerranéennes, dont 30 endémiques adriatiques (Antolić, 1997). Les algues brunes *Phaeophyta* sont représentées par 179 espèces sur 255 méditerranéennes, dont 52 endémiques adriatiques (Antolić, 1997), tandis que les algues vertes *Chlorophyta* sont représentées par 134 espèces sur 209 méditerranéennes.

689. Il n'y a pas d'algues vertes marines endémiques en Croatie, mais deux espèces sont strictement protégées : *Caulerpa prolifera* et l'espèce rare *Penicillus capitatus*. Parmi les algues brunes, la plus importante est le genre *Cystoseira*. Ercegović (1932) a décrit un certain nombre d'espèces endémiques adriatiques de *Cystoseira* comme *C. spicata*, *C. adriatica*, *C. jabukæ* (Pérès et Gamulin-Brida, 1973). Les algues brunes représentent l'élément principal de la biocénose des algues photophiles qui sont, avec les prairies de zostère marine, la biocénose la plus diverse et la plus importante sur le plan écologique (Bellan-Santini *et al.*, 2002).

690. Une espèce importante est le varech adriatique *Fucus virsoides*, une algue brune endémique de la partie est de l'Adriatique nord, représentée dans la biocénose de la roche médiolittorale inférieure. Il s'agit d'un élément boréal, considéré comme étant une relictte pré-messinienne et la seule population de *Fucus* de la Méditerranée.

691. La plupart des algues brunes sont photolytiques, mais certaines espèces sciaphyles sont représentées dans la biocénose des algues infralittorales dans les sites plus profonds qui forment une transition vers la biocénose coralligène, comme *Flabellia petiolata* et différentes espèces de *Peyssonnelia*.

692. Les algues rouges sont des organismes importants de structuration de l'habitat. Bien que la plupart des espèces soient sciaphylliques, certaines forment une part importante de la biocénose des rochers médiolittoraux supérieurs comme *Catenella caespitosa*, *Bangia atropurpurea* et *Porphyra leucosticta*. Certaines espèces de la famille *Corallinaceae*, comme *Lithophyllum papillosum* créent des couches de carbonate rose sur la surface des rochers. Pour la biocénose des rochers médiolittoraux inférieurs sur certains sites des côtes extérieures des îles de l'Adriatique centrale et sud, un habitat important est représenté par les bords coralligènes créés par les algues recouvrant de carbonate rouge comme *Lithophyllum lichenoides*, *Lithophyllum byssoides* et *Tenarea undulosa*. La biocénose des grottes médiolittorales a quelques algues rouges caractéristiques comme *Catenella caespitosa* et *Hildenbrandia rubra*, ainsi que l'algue coralligènecouvrante *Phymatolithon lenormandii*. La biocénose coralligène du fond dur circalittoral est basée sur *Mesophyllum alternans*, *Lithophyllum cabiochæ*, *L. frondosum*, ainsi que *Peyssonnelia rosa-marina* et *P. rubra*. Les sables grossiers circalittoraux et les graviers fins sont habités par des faciès de maërl et des rhodolithes avec *Phymatolithon calcareum* et *Lithothamnion corallioides* (Bakran-Petricioli, 2007).

#### *Angiospermes*

693. Dans l'Adriatique, on trouve des prairies de quatre espèces de plantes vasculaires marines, sur neuf visibles dans l'ensemble de la Méditerranée. La plus répandue est la zostère marine *Posidonia oceanica*, vivant dans le fond couvert par du sable grossier et du gravier jusqu'à 40 m de profondeur. Sur le sable et parfois le limon, les plus communes parmi celles-ci sont les prairies de paille de mer *Cymodocea nodosa*, plus caractéristique de l'Adriatique nord. *Zostera marina* et *Zostera noltii* se trouvent sur les sables vaseux des baies protégées par le vent, ainsi que dans la biocénose eurihaline et eurithermique.

694. Les prairies de *Posidonia* sont considérées comme l'écosystème le plus important de la Méditerranée et comme un indicateur écologique de la biodiversité marine du fait de leur production primaire élevée, ainsi que de l'état de santé des écosystèmes côtiers.

695. *Posidonia oceanica* n'a pas été enregistrée dans la région de la Bosnie-Herzégovine en mer Adriatique, peut-être du fait de l'insuffisance de sels dissous présents par l'atténuation exprimée de l'eau de mer provenant de la rivière Neretva. Des lits de *Cymodocea nodosa* se trouvent dans la baie de Neum-Klek, mais sur un espace très limité. Aucune donnée précise sur les espèces endémiques, les espèces à répartition restreinte et les espèces à forte réduction connue au cours des dernières décennies n'est disponible car il n'y a pas de surveillance en Bosnie-Herzégovine qui permettrait de les fournir.

696. Au Monténégro, *Posidonia oceanica* se trouve dans les lieux de Stari Ulcinj, Kamenovo et Krašići et la zostère marine *Cymodocea nodosa* à Žukotrlica, Krašići et l'institut de biologie marine de Kotor (Institut for Marine Biology- Mačić, 2010).

697. Cinq angiospermes marins sont connus pour peupler la mer littorale et les zones humides côtières de Slovénie : *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Nanozostera noltii*, *Zostera marina* et *Ruppia cirrhosa*. Parmi elles, seule *C. nodosa* est largement répandue dans la zone, tandis que d'autres sont restreintes à des types d'habitat particuliers. *Ruppia cirrhosa* vit dans divers habitats de marais salants comme des bassins et étangs, présents dans l'environnement hyper-salin. *Zostera marina* est considérée comme une espèce rare présente seulement sous la forme de petits îlots, principalement dans les embouchures de rivières et de ruisseaux. D'autre part, *Nanozostera noltii* est une zostère marine assez commune dans différentes parties de la mer littorale slovène. La zostère marine la plus menacée dans la région étudiée est certainement *Posidonia oceanica*.

### 5.3.3 Mammifères marins, reptiles et oiseaux marins

#### *Mammifères marins*

698. La faune de mammifères marins de la mer Adriatique est bien étudiée dans certaines régions. La partie slovène du golfe de Trieste abrite régulièrement une seule espèce de cétacé, le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), dont on trouve plus de 100 spécimens rien qu'en Slovénie ; tandis que d'autres cétacés sont observés uniquement de façon sporadique et rare dans la région. Récemment, des dauphins bleus et blancs ont colonisé la région du golfe de Trieste, comme indiqué par le nombre croissant d'enregistrements (Francese *et al.*, 2007). D'autres dauphins connus pour être signalés dans la région sont le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*), le dauphin de Risso (*Grampus griseus*) et le dauphin commun (*Delphinus delphis*). Tandis que le dauphin commun a presque complètement disparu de la région du golfe de Trieste, on constate une tendance à la hausse des enregistrements de dauphins bleus et blancs dans le golfe (Francese *et al.*, 2007). On ne signale que rarement des baleines à fanons dans les eaux slovènes. Le dernier enregistrement d'apparition de rorqual commun (*Balænoptera physalus*) dans la zone date de 2009. Cette espèce a précédemment été enregistrée à plusieurs reprises (Lipej *et al.*, 2004). L'observation d'une baleine à bosse (*Megaptera novæangliæ*) a été indiquée pendant près de deux mois dans la partie slovène de la mer Adriatique (Genov *et al.*, 2009) ; il ne s'agit là que du second enregistrement de cette espèce en Adriatique.

699. Les cétacés ont également été étudiés en Croatie, où tous les mammifères marins sont strictement protégés. Au cours de la dernière décennie, les activités de recherche sur les mammifères marins se sont intensifiées de façon significative et ainsi de nombreuses nouvelles données sont disponibles.

700. Le grand dauphin *Tursiops truncatus* est la seule espèce qui réside dans la partie croate de la mer Adriatique. L'archipel de Cres-Loinj (région de Kvarnerić) représente l'habitat de la population du grand dauphin commun qui a été étudié depuis 1987, principalement par l'association *Blue World*. En se basant sur cette étude, cette région a été proclamée comme faisant partie du Réseau écologique national et un site Natura 2000 potentiel, ainsi qu'une éventuelle réserve marine.

701. En 2008 et 2009, une étude approfondie de l'archipel de Vis et Lastovo (région de 5 000 km<sup>2</sup>) a été réalisée par l'association *Blue World*. En utilisant la photoidentification, 287 individus ont été identifiés. La communauté locale de grands dauphins de cette région a été estimée à 477 individus.

Les données sur le comportement animal indiquent que la région est un site important pour l'alimentation et la reproduction, car 12 naissances ont été signalées. La population estimée est relativement nombreuse comparée à d'autres aires étudiées dans l'Adriatique (100 à 130 ind. à Kvarnerić, 2 500 km<sup>2</sup> ; 70 ind. dans la baie de Trieste et la côte istrienne ouest, 1 200 km<sup>2</sup>) (Holcer *et al.*, 2010). Les grands dauphins sont régulièrement enregistrés dans la région de l'archipel de Kornati près de Zadar (Adriatique centrale), mais il n'existe pas d'estimation du nombre d'animaux (Gomerčić, 2008). Il est difficile d'estimer la population pour la Croatie car la région n'est pas systématiquement étudiée dans son ensemble.

702. En juillet et août 2010, l'Institut pour la protection et la recherche environnementales (ISPRA) en Italie, en collaboration avec les partenaires de l'ACCOBAMS, a réalisé une étude aérienne des cétacés dans l'ensemble de la mer Adriatique. Les données préliminaires indiquent que *Grampus griseus* et, en particulier, *Stenella coeruleoalba* (env. 110 individus enregistrés en groupes allant jusqu'à 100) ne sont pas des espèces rares en Adriatique comme on le pensait auparavant. L'étude a conclu que *Stenella coeruleoalba* pouvait être considéré comme une espèce ordinaire de l'Adriatique (Blue World, 2010).

703. L'analyse de cétacés échoués au cours des dernières décennies confirme la présence en Croatie de *Delphinus delphis*, *Grampus griseus*, *Stenella coeruleoalba*, *Baleanoptera physalis*, *Ziphius cavirostris* (Gomerčić *et al.*, 2008). Le cachalot *Physeter catodon* est également un visiteur régulier de l'Adriatique.

704. Le phoque moine méditerranéen *Monachus monachus* était, jusqu'à récemment, considéré comme espèce éteinte en Croatie (Tvrtković, ed, 2006b). Au cours de la dernière décennie, le nombre de signalements a augmenté, en particulier dans l'Adriatique nord (Istre est et îles Kvarner). En 2009, 30 observations ont été enregistrées en Adriatique centrale (Antolović, 2010). Entre 2006 et 2009, 79 observations ont été rapportées en tout (Antolović *et al.*, 2010). D'après la recherche systématique d'habitats adaptés (21 grottes) des îles en eau libre et de la côte Adriatique, il a été déterminé qu'un phoque moine les utilisait. Des observations simultanées dans diverses régions, ainsi que des enregistrements vidéo et des photographies d'individus effectués dans les grottes ou à proximité indiquent la possible reproduction du phoque moine en Adriatique (Antolović *et al.*, 2010).

#### *Tortues marines*

705. La tortue caouanne *Caretta caretta* est la seule tortue qui réside dans la mer Adriatique. Les animaux provenant de plusieurs colonies méditerranéennes, principalement d'origine grecque, turque et chypriote, entrent dans l'Adriatique au début de leur vie, grandissent ici, mangent et hivernent, ne la quittant qu'à des fins de reproduction. La mer Adriatique avec son vaste plateau continental, sa température de l'eau convenable et sa biocénose benthique riche représente l'habitat néritique le plus grand et, avec la baie de Gabès en Tunisie, le plus important pour cette espèce en Méditerranée (Lazar et Tvrtković, 2003).

706. Environ 2 500 spécimens sont capturés accidentellement chaque année par le chalutage de l'Adriatique orientale et la flotte de pêche italienne qui compte plus de 4 000 éléments. À partir de ces données et du récent suivi par satellite de cinq animaux, l'analyse des habitats critiques a été réalisée en 2009 (Lazar, 2009). Elle comprenait les zones d'alimentation (pélagiques et néritiques) et les zones d'hivernage dans l'ensemble de la région de l'Adriatique sous juridiction croate. L'analyse indique une répartition différente des tortues caouannes en été et en hiver. Les tortues caouannes se nourrissent d'organismes benthiques provenant des eaux littorales peu profondes des habitats infralittoraux à circalittoraux.

707. Les zones d'hivernage se situent à l'intérieur des zones d'alimentation néritiques, limitées à des profondeurs < 100 m et des températures de l'eau ≥ 11°C. Selon les isothermes hivernales, c'est le sud de 45°N. D'un point de vue de la gestion, la zone centrale peut être définie par les zones de pêche croate I et B (réglementations sur les limites des zones de pêche, OG 144/05). C'est l'une des zones d'hivernage les plus importantes pour les tortues caouannes en Méditerranée (Lazar, 2009).

708. Des habitats pélagiques pour les tortues caouannes existent dans les eaux profondes au large dans l'Adriatique sud et dans la province océanique de l'Adriatique centrale. Seule une petite partie de celle-ci se situe dans la zone de pêche croate, tandis que la majeure partie se trouve dans les eaux territoriales du Monténégro et de l'Albanie, ainsi que dans les eaux internationales libres. Les

tortues sont principalement menacées par les captures par filet maillant et la dégradation des habitats par les activités de la pêche (chalutage), ainsi que par la pollution de l'eau par des déchets organiques et inorganiques solides et autres.

709. La tortue caouanne (*Caretta caretta*) se trouve dans la région slovène principalement de mai à octobre (Tijta *et al.*, 2001). La majorité des spécimens de tortue caouanne sont juvéniles et mesurent entre 20 et 50 cm. Il existe également deux observations de tortue luth (*Dermochelys coriacea*), récemment confirmées pour la toute première fois en Slovénie (Laraz *et al.*, 2009) dans les eaux d'Izola.

710. La tortue verte *Chelonia mydas* a été enregistrée en Adriatique uniquement de façon occasionnelle. Plusieurs vieux enregistrements existent pour la Croatie et récemment cette espèce a été enregistrée en 2001 près de Pelješac dans l'Adriatique sud. Les eaux du large de l'Adriatique sud ont une certaine importance en tant que zone de développement pélagique pour une partie de la population méditerranéenne de cette espèce (Tvrtković, ed, 2006).

#### Oiseaux marins et côtiers

711. Les petites îles au large sont des habitats clés pour plusieurs espèces d'oiseaux marins nicheurs de l'Annexe I du protocole ASP/DB, tandis que des habitats littoraux comme les zones humides du delta de Neretva et le lac Vrana ou les vasières/laises de sable en Dalmatie du nord sont importants pour les oiseaux migrateurs et hivernants (Radovic *et al.*, 2005).

712. Le puffin de Méditerranée (*Puffinus yelkouan*) apparaît dans la région seulement de façon saisonnière, de juillet à novembre. Les données sur cette espèce sont plutôt rares, car elle n'approche que rarement le littoral (Makovec, 1995). On dispose de bien plus de données pour les sternes et les goélands. Le suivi régulier de la population reproductrice de goéland pontique (*Larus cachinnans*) se fait dans son unique vivier en Slovénie, dans les salines littorales de Sečovlje. Deux autres espèces importantes d'oiseaux nicheurs sont la sterne pierregarin (*Sterna hirundo*) et la sterne naine (*S. albifrons*). La population nicheuse de la première est plus ou moins stable ou présente une légère augmentation au cours des toutes dernières années, tandis que la tendance pour la deuxième croît de plus en plus (Iztok Škornik, *communication personnelle*).

713. L'archipel de Lastovo et les îles du large font partie du Réseau écologique national et des sites NATURA 2000 proposés (ASP) avec les espèces de qualification : *Calonectris diomedea*, *Puffinus yelkouan* et *Larus audionii*. *Falco eleonoræ* est également une espèce importante pour les îles du large et *Larus audionii* pour l'île de Mljet et les îles de Dalmatie centrale. Les ASP proposés dans la partie nord du littoral comprennent comme cibles deux espèces du protocole ASP/DB : *Phalacrocorax aristotelis desmarestii* et *Sterna albifrons*. *Phalacrocorax pxgmaeus* se reproduit sur le lac Vrana (voir la carte 2). En outre, *Charadrius alexandrinus*, qui a été proposé pour venir s'ajouter à la liste de l'Annexe I de l'ASP/DB, ainsi que *Gyps fulvus* qui présente les seules colonies de reproduction dans toute l'Adriatique sur les îles Kvarner, sont des espèces littorales importantes. La seule espèce d'oiseau de l'Annexe I de l'ASP/DB qui n'apparaît pas en Croatie est *Sterna bengalensis*.

#### 5.3.4 Espèces exotiques, non-indigènes et invasives

714. L'introduction d'espèces est considérée comme une nuisance qui a perturbé la biodiversité de la mer Adriatique.

715. Le nombre d'espèces introduites en Méditerranée a augmenté de façon spectaculaire depuis le début du siècle dernier. Leur répartition dans cette sous-région varie selon les pays. Ils ont surtout été introduits de trois façons : (i) par le transport maritime (encrassement et eau de ballast), (ii) par l'introduction intentionnelle comme la pisciculture et (iii) par le canal de Suez (migration lessepsienne).

716. Un certain nombre d'espèces exotiques de phyto- et zooplancton ont été introduites dans l'Adriatique le plus probablement par les eaux de ballast au cours des dernières décennies, comme le siphonophore *Muggiæa atlantica* et plusieurs dinoflagellés comme *Pseliodinium vaubanii* enregistré en 1977, ainsi que *Spatulodinium pseudonociluca*, *Alexandrium minutum* et *Ceratoperidinium yeye* enregistrés récemment (Marašović et Žuljević, 2006).

717. De nombreuses nouvelles espèces exotiques indiquent la tropicalisation de la mer Adriatique. En 2008, un certain nombre de poissons qui étaient auparavant rares ou accidentels pour l'Adriatique, ont été enregistrés avec un nombre croissant et une propagation vers le nord (Žuljević *et al.*, 2008). L'espèce la plus nombreuse est le baliste cabri *Balistes capriscus*, qui se nourrit de coraux, d'oursins et de coquillages. On trouve également des espèces prédatrices qui influencent de façon significative les chaînes alimentaires marines comme *Thalassoma pavo*, *Sphyræna viridensis* et, en particulier, *Pomatomus saltator* qui se nourrit d'espèces de poissons commerciaux. Elles semblent se reproduire en Adriatique et pourraient devenir des espèces d'importance commerciale. *Sparisoma cretense*, *Trachinotus ovatus* et *Lichia amia* sont également des espèces en progression.

718. La colonisation de la Méditerranée par des espèces de l'Indo-Pacifique et de la mer Rouge via le canal de Suez, connue sous le nom de migration lessepsienne, est un processus continu qui a considérablement enrichi la biodiversité de la mer Méditerranée. La température est le facteur abiotique le plus important déterminant la dispersion du poisson lessepsien (Golani, 2002). Des modifications de l'ichtyofaune adriatique ont été enregistrées et parmi celles-ci certaines espèces de poissons lessepsiens ont récemment été signalées. Les premiers enregistrements de nouvelles espèces de poissons en Adriatique en 2008 concernent : *Caranx cryæ* (Istria) et deux migrants lessepsiens : *Fistularia commersonii* et *Terapon theraps* (qui correspond également au premier enregistrement pour la Méditerranée) (Žuljević *et al.*, 2008). En plus de ces deux migrants lessepsiens, déjà neuf d'entre eux avaient été enregistrés précédemment : *Pampus argenteus*, *Saurida undosquamis*, *Stephanolepis diaspros*, *Sphyræna chrysotænia*, *Siganus rivulatus*, *Leiognathus klunzingeri*, *Epinephelus coioides*, *Hemiramphus far* et *Parexocætus mento*. Une espèce s'est échappée d'une ferme maricole, *Pagrus major*, et semble avoir établi une population naturelle en Adriatique.

719. Des espèces exotiques de décapodes ont également été enregistrées récemment dans la mer Adriatique, comme : *Marsupenæus japonicus*, *Scyllarus caparti*, *Dyspanopeus sayi*, *Rhithropanopeus harrisi*, *Callinectes danæ*, *Callinectes sapidus*, *Hemigrapsus sanguineus* et *Eriocheir sinensis* (Kirinčić et Stevčić, 2008) et *Paromola cuvieri* (Žuljević *et al.*, 2008).

720. Il n'existe pas de données majeures sur les espèces introduites en Albanie. Les problèmes les plus évidents sont liés au genre *Caulerpa*. Une grande répartition de l'algue invasive (algues tropicales) *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* s'est développée principalement sur les « mattes mortes » de 2 à 21 m de profondeur (Kashta *et al.*, 2005 ; 2007). D'autre part, il existe seulement quelques observations de l'espèce plus invasive *Caulerpa taxifolia* qui déplace les prairies de *Posidonia* dans certaines aires. L'algue *Halophila stipulace* a été introduite dans les années 1980 depuis l'océan Indien.

721. Certaines espèces plus invasives ont été apportées dans les eaux de ballast. Le fait qu'il n'y ait pas de port en Bosnie-Herzégovine rend peu probable la présence de ces espèces dans cette région marine, même s'il n'y a pas eu de recherche spécifique sur cette question au cours des 20 dernières années.

722. En Croatie, on a noté la présence du mollusque exotique *Pinctada radiata* (Doğan et Nerlović, 2008). *Ficopomatus enigmaticus* a été enregistré à deux endroits dans l'estuaire de la rivière Krka et le delta de la rivière Neretva (Cukrov *et al.*, 2010). Les algues vertes tropicales invasives *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* se sont rapidement répandues dans l'Adriatique depuis 2000 ; jusqu'à 84 sites ont été enregistrés en 2008 en Croatie (Žuljević *et al.*, 2008) dans deux zones géographiques : la Dalmatie et l'Adriatique nord. *C. taxifolia* a probablement été transférée en Adriatique par les ancres et l'encrassement des navires. Elle a été enregistrée pour la première fois en 1994 dans la baie de Starigrad de l'île de Hvar. En 2006, on a trouvé le nouveau calmar *Thysanoteuthis rhombus* (Marčić *et al.*, 2008). Le polychète marin *Ficopomatus enigmaticus* a été découvert dans l'estuaire de Krka et le delta de Neretva. L'espèce invasive vit dans les eaux saumâtres et devient souvent dominante, et construit même parfois des récifs. Les récifs n'ont pas encore été trouvés en Croatie, mais un type d'habitat spécifique (faciès avec *Ficopomatus enigmaticus*) avec cette espèce a été reconnu (Bakran-Petricioli, 2007).

723. En ce qui concerne le littoral monténégrin, un total de neuf espèces exotiques a été signalé, dont trois macroalgues, un crustacé décapode, deux gastropodes, un bivalve et deux espèces de poisson. *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* fut la seule espèce exotique trouvée sur la côte du Monténégro au cours de cette étude. Trois espèces, à savoir *Asparagopsis taxiformis*, *Callinectes*

*sapidus* et *Bursatella leachi*, n'ont pas été rencontrées lors de notre étude, mais leur présence est documentée par des photos (V. Mačić obs. pers.). Trois des espèces exotiques sont d'origine indo-pacifique, trois autres sont d'origine atlantique et les autres espèces sont d'origine circumtropicale ou du Pacifique sud-ouest. La plupart de ces espèces ont été introduites par le canal de Suez ou Gibraltar, soit comme lessepsiennes, soit par les bateaux, et se sont répandues de la Méditerranée orientale vers l'ouest (Méditerranée centrale) et le nord (Adriatique). À partir des données existantes et de l'étude d'évaluation rapide sur le littoral monténégrin, cinq espèces sont considérées comme établies, trois comme occasionnelles et une espèce (*Crassostrea gigas*) introduite pour la mariculture est de statut inconnu (Zenetos *et al.*, 2011).

724. L'invasion par les espèces exotiques est une menace grandissante pour le Monténégro et des études sont nécessaires. L'une des migrations lessepsiennes les plus réussies en Méditerranée est celle de *Fistularia commersonii*, qui indique que la propagation de cette espèce s'est produite dans les eaux du Monténégro (Jaškomović *et al.*, 2008). L'explosion rapide de la population dans les aires envahies et les effets potentiels sur la faune de poisson locale sont accentués. En outre, *Rapana venosa* est entré dans la mer Méditerranée et s'est installé dans les parties saumâtres de la mer Adriatique supérieure. Il a été observé sur la côte adriatique du Monténégro en 2008. Cette espèce peut avoir quelques impacts préjudiciables sur les bancs de moules et d'huîtres indigènes, comme dans la mer Noire précédemment. De même, *Caulerpa racemosa*, une espèce d'algue qui s'est récemment introduite sur le littoral monténégrin peut également avoir des impacts néfastes sur le biote indigène.

725. Les informations à jour sur les espèces exotiques en Slovénie sont encore assez pauvres par rapport aux autres États. En août 2007, un spécimen de *Terapon theraps* a été capturé par chalutage dans les eaux de la côte slovène. Des épibionts invasifs transportés via des coques de navires, dont *Ficopomatomus enigmaticus* qui vit dans les habitats d'eau saumâtre dans les zones humides du littoral slovène, ont également été enregistrés.

726. Certaines espèces ont également été volontairement ou accidentellement introduites dans la région par la mariculture. Le dernier exemple d'introduction est celui de l'huître japonaise (*Crassostrea gigas*), connue pour vivre dans de nombreuses zones peu profondes sur la côte slovène, tandis que l'algue *Falkenbergia ruflolanosa* est un exemple d'espèce répandue accidentellement. Le poisson larvifère *Gambusia hoolbroki* est un exemple d'introduction d'espèce non-indigène par des moyens de lutte biologique.

### 5.3.5 Populations de poissons avec leur abondance et leur répartition spatiale

727. Le recensement le plus récent de poissons en Adriatique a répertorié 442 taxons (Jardas *et al.*, 2008) qui représentaient environ 65 % de l'ichtyofaune méditerranéenne. Le nombre d'espèces et de sous-espèces sans mâchoire est de 3, de poissons cartilagineux de 55 et d'actinoptérygiens de 384. D'un point de vue biogéographique, la plupart des espèces adriatiques appartiennent à l'élément atlantico-méditerranéen (près de 67 %). D'autres sont essentiellement des espèces cosmopolites (environ 17 %) et endémiques méditerranéennes (environ 9 %), tandis que le reste de 17 % appartient aux éléments de la mer Méditerranée-Noire, lessepsiens et de l'Adriatique (endémiques) (environ 7 %). Le nombre d'espèces est supérieur dans l'Adriatique sud et il diminue vers le nord.

728. Selon Jardas *et al.* (2008), l'Adriatique abrite 6 espèces de poissons endémiques (1,4 %) qui vivent dans la zone du plateau continental. Il s'agit des esturgeons anadromes de l'Adriatique *Acipenser naccarii*; du syngnathe vert *Syngnathus taenionotus* connu uniquement sur la côte adriatique occidentale; puis de quatre espèces gobies du littoral et vivant dans les fonds (le gobie de lagune *Knipowitschia panizzæ* des lagunes saumâtres et des cours d'eau pertinents d'Italie du nord, le gobie des eaux saumâtres et douces de Canestrini, le gobie Grotto cryptobentonique récemment décrit *Speleogobius trigloides* trouvé en Adriatique nord et centrale en 1975 et 2005 et le gobie de *Gobius kolombatovici* dans la mer Adriatique nord.

729. La liste rouge des poissons de l'Adriatique (Jardas *et al.*, 2008) répertorie 123 espèces (8 %). Des espèces sont considérées comme régionalement éteintes : l'espèce cartilagineuse *Squatina oculata* et les poissons osseux *Accipenser sturio* et *Argyrosomus regius*. 24 autres espèces appartiennent aux catégories CR, EN et VU, et même 16 d'entre elles sont des espèces cartilagineuses. La principale menace est la surpêche, tandis que d'autres sont la dégradation de l'habitat, la pollution de la mer, les facteurs biologiques (potentiel reproducteur des espèces, la

mortalité élevée du frai, la croissance lente), les perturbations humaines, les espèces exotiques, les modifications climatiques et d'autres.

730. La présence de 28 espèces de requins a récemment été confirmée en Adriatique et la mer Adriatique serait une zone d'alevinage et de frai pour de nombreuses espèces de grands requins, comme *Carcharhinus plumbeus*, *Alopias vulpinus*, *Prionaceglauca*, *Oxynotus centrina* et *Lamna nasus* (Soldo, 2006).

731. L'ichtyofaune de l'Albanie est bien étudiée et environ 313 espèces ont été enregistrées. Parmi celles-ci, environ 64 sont des espèces d'eau douce et 249 autres proviennent des eaux marines de l'Albanie. Comme indiqué précédemment, les fonds marins varient du nord au sud le long du littoral ; tandis qu'au nord, le plateau est large et généralement avec des fonds meubles, atteignant des isobares allant jusqu'à 200 m, au sud, la mer est plus profonde et les fonds sont plus durs. L'ichtyofaune marine comprend un certain nombre d'espèces et de sous-espèces, dont 100 sont importantes pour l'industrie du poisson. Cependant, la majorité, qui inclut un petit nombre d'espèces rares, ne sont pas importants pour la pêche.

#### 5.4 Classification et répartition connue des habitats

732. La sous-région adriatique comprend 32 biocénoses. Elle abrite également des habitats inhabituels, comme des grottes anchihalines submergées de style karst, des grottes marines, des grottes descendantes avec des éléments bathyaux, des vruljas (sources d'eau douce immergées), des estuaires marins, des lacs marins et des fonds durs et profonds circalittoraux (karst nu). Dans le contexte des outils développés par le Centre d'activités régionales pour les aires spécifiquement protégées (PNUE/PAM — CAR/ASP), une liste de référence de 27 types d'habitats benthiques principaux a été établie pour aider les états méditerranéens à élaborer des inventaires des sites naturels dans un intérêt de conservation (PNUE/PAM — CAR/ASP, 2002). Le programme PAS BIO (PNUE/PAM — CAR/ASP, 2003) a identifié, parmi ses actions prioritaires, la réalisation d'un inventaire complet et intégral des habitats méditerranéens, incluant la répartition spatiale et la cohorte des espèces associée à chaque habitat.

733. Les régions marines et côtières de la sous-région adriatique contiennent les habitats marins et côtiers les plus notables de la Méditerranée, qui apportent des services écosystémiques précieux. Cela inclut les prairies de zostère marine, les communautés coralligènes, les forêts de macroalgues, les grottes marines et les lagunes et marais côtiers, présentés ci-après.

734. Les **prairies de magnoliophytes** font partie des écosystèmes les plus productifs du milieu marin. Les données disponibles sur ces habitats sont très hétérogènes à l'échelle régionale et, dans certains pays comme la Bosnie-Herzégovine, aucun enregistrement n'a été effectué à leur sujet. Tous les rapports nationaux décrivent les prairies de la sous-région adriatique.

735. Les **prairies de *Posidonia oceanica*** sont considérées comme les écosystèmes méditerranéens les plus importants. *Posidonia oceanica* est endémique de la Méditerranée. Elle est présente en Albanie et en Slovénie. L'Annexe I de la directive 92/43/CEE décrit les prairies de *Posidonia oceanica* comme un type d'habitat prioritaire. Les prairies de *Posidonia* n'apparaissent pas dans les régions à faible salinité et à faible pénétration de lumière due à la pollution. Les paramètres écologiques qui affectent la répartition des limites supérieure et inférieure des prairies, ainsi que leur densité sont la luminosité et les conditions hydrodynamiques. Selon la typologie de la Convention de Barcelone, dans le type d'habitat « prairies de *Posidonia* » (CB type III 5. 1), deux écomorphoses sont décrites : l'écomorphose des prairies rayées (III. 5. 1. 1.) et l'écomorphose des prairies récif-barrière (III. 5. 1. 2.). Un faciès de « mattes » mortes sans trop d'épiflore et une association avec *Caulerpa prolifera* doivent également être ajoutés.

736. Les prairies de ***Cymodocea nodosa*** sont écologiquement secondes en importance après *Posidonia*. Les **prairies de *Halophila stipulacea*** sont également notables, mais il s'agit d'une espèce lessepsienne, restreinte à des aires spécifiques, comme par exemple de petites populations dans la baie de Saranda et dans la baie de Vlora en Albanie (Kashta *et al.*, 2005). Les prairies de ***Zostera nana*** et ***Zostera noltii*** sont moins bien représentées dans la région, mais on en trouve en Bosnie-Herzégovine, comme biocénose du fond détritique médiolittoral. Elles sont associées à *Zostera marina* en Slovénie.

737. Les **communautés coralligènes** sont des constructions biogéniques qui constituent le deuxième point névralgique le plus important de biodiversité spécifique en Méditerranée après les prairies de *Posidonia*. Les habitats coralligènes et les bioconcrétions (populations pré-coralligènes, coralligènes de plateau, associations avec faciès rhodolites — maërl, association avec faciès rhodolites — *pralines*, association avec faciès rhodolites — *Lithothamnion minervæ*, association avec faciès *Peyssonnelia rosa-marina*—*Peyssonneliaceæ* libre et grand faciès bryozoaire des fonds côtiers détritiques) ont été étudiés dans la mer Adriatique. Ils ont également été enregistrés dans la partie Ionienne de l'Albanie. En Slovénie, a été signalé *Cladocora caespitosa*, biocénose du fond détritique littoral et biocénose du fond détritique vaseux et biocénose coralligène (= formations pré-coralligènes).

738. Des **forêts de *Cystoseira*** peuvent occuper de grandes zones dans les écosystèmes marins où elles forment des communautés très productives avec une biodiversité remarquable. Les espèces du genre *Cystoseira* sont dans un processus de spéciation qui a donné lieu à de nombreuses variétés au sein d'une seule espèce et ces algues présentent une variabilité morphologique importante. *Cystoseira amentacea sp. spicata* et *Cystoseira crinita* ont été signalées en Albanie (Kashta *et al.*, 2005). En Slovénie, on a également noté la biocénose d'algue infralittorale avec *Cystoseira crinita*. En Bosnie-Herzégovine, *Cystoseira barbata* et *C. crinata* ont été signalées dans la biocénose de la zone infralittorale.

739. Les grottes marines sont des habitats particuliers caractérisés par le karstique immergé pour le côté croate de la mer Adriatique. On trouve des caves anchihalines, des caves marines, des caves de mer froide et des fosses avec des éléments bathyaux, des vruljas, des estuaires karstiques, des canyons immergés, des barrières de tuf immergées, des lacs marins et du karst nu dans la mer.

740. Les **lagunes et marais littoraux** sont des réseaux d'eau de transition importants aux embouchures des cours d'eau majeurs de la sous-région, comprenant le Pô italien, la Drin albanaise et les rivières Mati et autres. En Albanie, ces lagunes littorales dépassent 15 000 hectares et présentent un intérêt économique et écologique pour l'Albanie, car elles constituent des centres importants pour la pêche et des sites importants pour les oiseaux.

## 5.5 Pressions et impacts

### 5.5.1 Contamination par des substances dangereuses

741. Des substances dangereuses sont présentes le long de l'Adriatique, mais sont surtout confinées aux zones urbaines et industrielles. En Italie, le Pô est un vecteur de pollution très important dans la région, car il transporte les eaux usées urbaines et industrielles, ainsi que le ruissellement agricole provenant du bassin de drainage vers l'Adriatique, drainant toute la partie nord de la région la plus industrialisée de l'Italie.

742. En Albanie, la contamination au mercure de l'ancienne usine de chlore-alcali a été détectée dans une zone de 20 ha autour de l'usine à une profondeur de 1,5 m dans le sol, ce qui est problématique dans le district de Vlora (concentrations de mercure de 5 000 à 60 000 mg/kg de sol). On trouve également du mercure dans les eaux souterraines et les sédiments littoraux de la baie de Vlora (jusqu'à 2,33 mg/kg). Des hydrocarbures chlorés et d'autres polluants dangereux se trouvent dans le sol (NDA Albanie, 2003). Après 1991, la plupart des grandes industries albanaises (par exemple, la production et le traitement de minéral, les pesticides, les engrais, les produits chimiques, les plastiques, le papier, la nourriture et le textile) ont été fermées. Elles ont laissé derrière elles des stocks de substances dangereuses obsolètes et une terre contaminée.

743. En Bosnie-Herzégovine, les polluants générés dans les bassins de drainage des principaux cours d'eau bosniaques de Neretva (depuis les villes voisines de Konjic, Mostar, Čapljina, ainsi que les villes voisines croates de Ploče et Metković) et Trebišnjica (depuis les villes de Bileća et Neum) peuvent être déplacés vers l'Adriatique, affectant alors son environnement (NDA Bosnie-Herzégovine, 2003). La région la plus préoccupante est celle de Mostar (130 000 habitants) où des barils de produits chimiques obsolètes ont été laissés sur les deux rives. Pendant la guerre (1992-1995), les bombardements ont détruit les transformateurs électriques entraînant des fuites d'huile et la contamination du sol et de l'eau par des PCB.

744. En Croatie, les principaux problèmes de pollution se situent dans la baie de Kaštela (Split) où des métaux et des composés organohalogénés se sont accumulés dans les sédiments en raison du déversement des eaux usées urbaines et industrielles non traitées (NDA Croatie, 2003).

745. Les principaux domaines de préoccupation au Monténégro sont à Bar, du fait de la pollution industrielle provenant du port de Bar ; Herceg Novi, en raison des effluents des zones urbaines et de l'industrie (chantier naval, port et nourriture) ; Kotor : urbain et industriel (métaux, produits chimiques, stockage de pétrole et port) ; Ulcinj : impacts urbains et industriels (sel et port) ; Budva : urbain et port ; Tivat : urbain et industriel (chantier naval et port) (NDA Monténégro, 2003).

746. En Slovénie, des rejets d'eaux usées partiellement traitées (NDA Slovénie, 2003), contenant des métaux lourds (Ni, Cr et Zn) ont lieu dans la baie de Koper. Les composés de tributylétain atteignent également toujours des concentrations élevées dans les sédiments, ainsi que dans la colonne d'eau (programme de surveillance nationale, 2008).

747. Le Pô transporte également des polluants dangereux, qui sont ensuite déposés dans les sédiments marins à son embouchure. Les niveaux de PCB enregistrés dans les sédiments du prodelta du Pô vont de 13 à 129 ng/g (eq. alochlore) (Gomez-Gutierrez, 2007).

748. Les principales sources de pollution par les hydrocarbures dans le milieu marin incluent les activités terrestres (par déversement direct ou via les apports fluviaux), le transport maritime, les déversements accidentels et volontaires, les dépôts atmosphériques (issus des activités militaires et des vols commerciaux), les raffineries littorales et les installations au large (GESAMP, 2005 ; GESAMP 2007 ; Redondo *et al.*, 2008). Le transport maritime est l'une des principales sources de pollution par hydrocarbures pétroliers (pétrole) et hydrocarbures polyaromatiques (HAP) en Méditerranée (PNUE/PAM-AEE, 2006).

749. Les rejets et déversements d'hydrocarbures dans les zones marines peuvent avoir un impact significatif sur les écosystèmes marins dans cette sous-région et d'autres de la Méditerranée. La consistance du pétrole peut provoquer une contamination en surface et l'étouffement des biotes marins et ses composés chimiques peuvent avoir des effets toxiques aigus et des impacts cumulés à long terme. Les dommages liés aux déversements pétroliers ne sont pas limités à l'environnement, mais ils présentent aussi une composante socio-économique. Les déversements de pétrole dans les zones de pêche (capture, frai et alimentation) ou aquacoles ou des lieux touristiques peuvent avoir des impacts lourds. Cela peut entraîner la fermeture de la pêche et le déclin du tourisme, et ainsi la perte de revenus et de travail. Même s'il n'y a pas ou peu de dommages environnementaux réels, le fait de savoir qu'un déversement de pétrole a touché la côte peut avoir le même impact (PNUE/PAM-AEE, 2006). Cependant, il est à noter qu'aucun déversement de plus de 100 t n'a été enregistré dans cette sous-région.

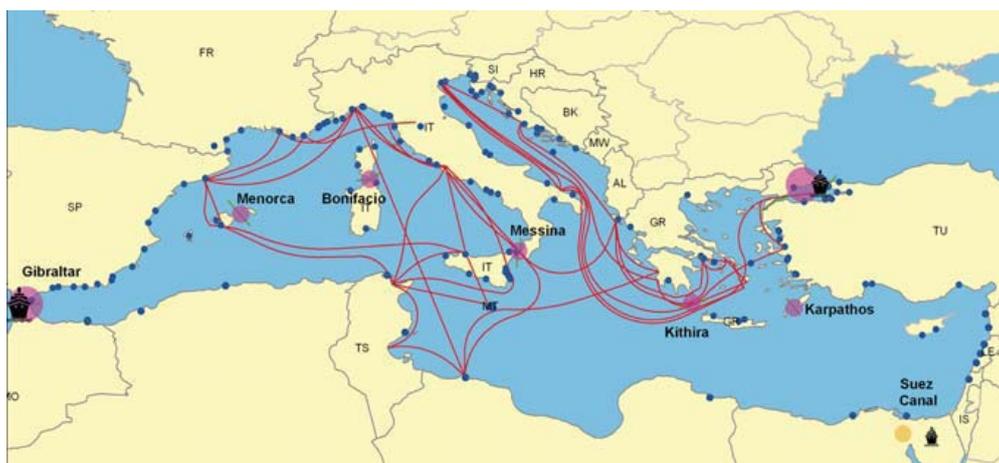


Figure 5.7 : Principaux ports et voies maritimes, dont ceux de la sous-région adriatique.

750. On estime qu'environ 220 000 navires de plus de 100 tonnes chacun traverse la Méditerranée chaque année, déchargeant 250 000 tonnes de pétrole. Ce rejet résulte des opérations de navigation (comme le déballastage, le nettoyage des réservoirs, le carénage, les rejets de carburant et d'hydrocarbures, etc.) et a lieu dans une région qui, depuis 1973, a été déclarée « zone maritime spéciale » par la convention MARPOL 73/78, c'est-à-dire où les rejets de pétrole sont littéralement interdits. L'apport en HAP varie en fonction du type de pétrole déchargé, avec une gamme estimée entre 0,3 et 1 000 tonnes annuelles (PNUE produits chimiques, 2002). Une grande partie de l'activité de rejet se fait dans la mer Adriatique, bien que les effets sous-régionaux n'aient pas encore été quantifiés.

751. En évaluant la fréquence et l'impact des déversements de pétrole à l'échelle de la Méditerranée, plusieurs approches pour évaluer les quantités déversées ont été largement utilisées. Des déversements illicites réalisés par les navires sont détectables par l'interprétation des images satellite ERS RSO (radar à synthèse d'ouverture). L'analyse montre qu'au cours des années 1999 à 2002, environ 7 000 déversements de pétrole ont été détectés (Figure 5.8). Selon les statistiques du Centre régional méditerranéen pour l'intervention d'urgence contre la pollution marine (REMPEC), 82 accidents entraînant des déversements de pétrole ont été enregistrés entre janvier 1990 et janvier 1999 et la quantité de pétrole déversé était de 22 150 tonnes (REMPEC, 2001). Les incidents sur les terminaux pétroliers et les rejets routiniers des installations terrestres ont été estimés à 120 000 tonnes/an (PNUE/PAM-AEE, 2006).

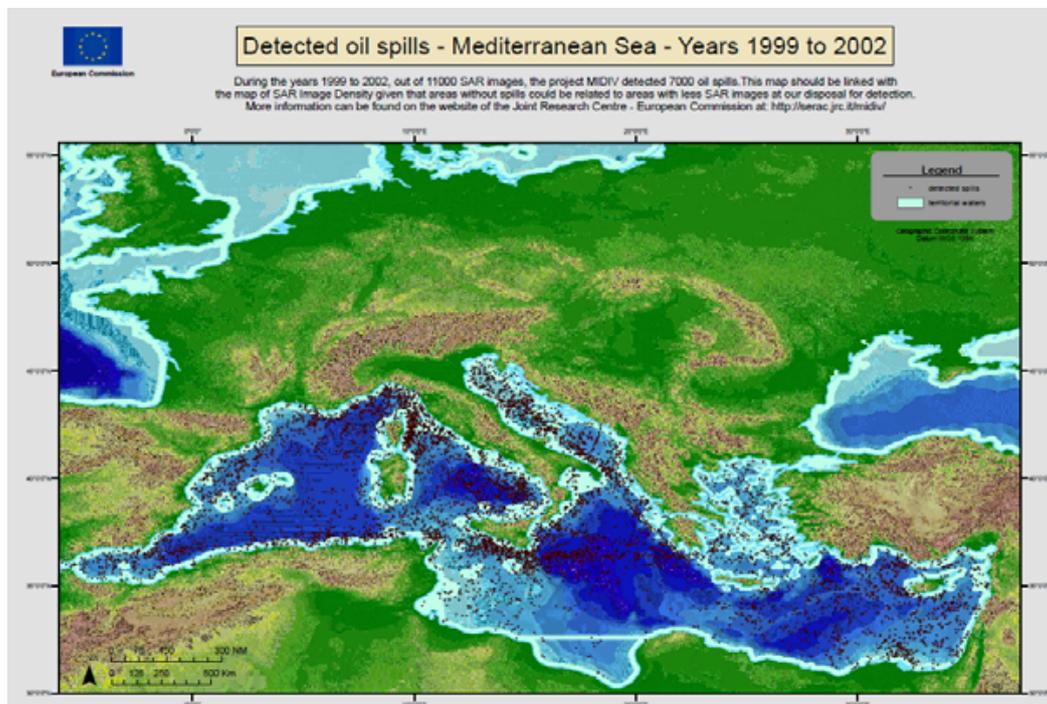


Figure 5.8 : Lieux de déversement de pétrole 1999-2002 (source PNUE/PAM-AEE)

#### *Niveaux de substances dangereuses dans le milieu marin*

752. En général, la mer Adriatique est relativement non polluée à modérément polluée à des endroits spécifiques comme la zone côtière de grandes villes (Venise, Split), des zones industrielles/minières (golfe de Trieste) et les embouchures de fleuve (Pô, Neretva). Les concentrations en métaux dans les sédiments et les organismes marins de l'Adriatique sont dues à la proximité de sources de pollution terrestres, comme les principales agglomérations urbaines et industrielles et le déversement des principaux cours d'eau (Pô, Neretva). Les médianes et plages de concentration de métaux dans les sédiments et le biote basées sur la base de données de MED POL sont présentées dans le Tableau 5.1.

Tableau 5.1 : Valeurs médianes et plages pour les métaux en traces dans les sédiments et le biote (*Mytilus galloprovincialis*) en µg/g ps

Éco-région	Cd	Total-Hg	Pb	Zn	Cu
Adriatique (sédiment)	0,21 (0,01-18,5)	0,10 (0,01-166,9)	9,5 (0,39-1033)	65,7 (5,0-980)	16,1 (1,39-122)
Adriatique (biote)	0,75 (0,03-2,73)	0,15 (0,01-8,45)	1,49 (0,07-67,5)	121 (5,7-467)	7,92 (0,51-81,6)

753. Dans la lagune de Venise (Italie), la contamination provient principalement des activités du quartier industriel de Porto Marghera et des eaux usées industrielles de la ville de Venise (Pavoni *et al.*, 1998). Les concentrations en cadmium chez *Mytilus galloprovincialis* allaient de 0,05 à 4,64 µg/g ps, tandis que Pb allait de 6,18 à 90,26 µg/g ps (Conti et Cechetti, 2003) alors que les concentrations Σ 16HAP chez les moules étaient de 56,5 à 527 ng/g ps (Nesto *et al.*, 2007). Les concentrations de PCB (eq. alochlore) sont de 3 à 5 600 ng/g, de DDT 1 à 43 ng/g et de HCB 2 à 2 400 ng/g (Gomez-Gutierrez *et al.*, 2007).

754. Le mercure et le plomb présentent des concentrations croissantes dans les sédiments de surface proches du rivage du golfe de Trieste (HgT 0,06 à 0,88 µg/g ps, Pb 10 à 37 µg/g ps, Planinc *et al.*, 1993) et ils indiquent un fort gradient nord à sud en raison de l'afflux de matières suspendues riches en Hg et Pb de la rivière Soča qui draine les zones minières de Hg d'Ildrija et de Pb de Predil, bien que ces mines aient été fermées dans la dernière décennie du XX<sup>e</sup> siècle.

755. Les données sur le mercure indiquent que 10 ans après la fermeture de la mine d'Hg d'Ildrija, les concentrations en Hg dans les sédiments de la rivière et l'eau étaient élevées et aucune diminution des concentrations d'Hg n'a été observée dans le golfe (Horvat *et al.*, 1999). La source majeure d'Hg inorganique est toujours la rivière Soča. La concentration d'Hg totale variait de 0,5 à 12,6 ng/l dans les eaux de surface et était plus faible dans les eaux du fond du golfe. En revanche, le méthylmercure fortement toxique est principalement apporté par les sédiments du fond dans le golfe, car sa concentration était supérieure dans les eaux du fond (60 pg/l). En outre, il a été démontré que 26 % du Hg total, dont jusqu'à 25 % est sous forme méthylée, est recyclé et libéré chaque année de l'interface sédiment-eau (Covelli *et al.*, 1999). Les niveaux de mercure sont également élevés chez les moules et les poissons, allant de 18 à 51 µg/kg de poids frais pour la moule et de 330 à 1 410 µg/kg de poids frais pour le poisson (Tušnik *et al.*, 1989).

756. Les pesticides et PCB dans les sédiments de surface dans le golfe de Trieste étaient relativement faibles : lindane 5 à 32 ng/g ps, aldrine 11 à 85 ng/g ps et DDT 27 à 110 ng/g ps (Shalihoglu *et al.*, 1980). Les plus fortes concentrations de pesticides et de PCB ont été observées dans la baie de Koper et étaient liées aux eaux usées et aux effluents industriels déversés dans cette baie.

757. Dans la baie de Kaštela (Croatie), les concentrations d'Hg chez les moules *Mytilus galloprovincialis* allaient de 300 à 410 ng/g ps, tandis que dans d'autres régions littorales en Croatie, elles étaient significativement inférieures (30,4 à 142 ng/g ps). Les concentrations de cadmium chez *Mytilus galloprovincialis* dans la zone côtière de la Croatie variaient entre 0,09 et 0,48 µg/g, les valeurs les plus élevées étaient enregistrées dans les stations de la zone de Rijeka, Brestova, Omiš, Ploče et Rijeka Dubrovačka. Les concentrations de plomb dans les mêmes organismes étaient, dans la plupart des cas, inférieures à 1 µg/g ps (la limite maximale autorisée), sauf pour les échantillons de Rijeka et Pula (respectivement 5,5 et 5,1 µg/g ps), qui se trouvaient à proximité de villes relativement grandes avec un trafic soutenu (NDA Croatie, 2003).

758. Dans une étude prolongée sur la teneur en métal de *Mytilus galloprovincialis* dans la baie de Mali Ston (côte adriatique orientale, 1998 à 2005), Kljaković-Gaspić *et al.* (2007) ont trouvé des concentrations de métal moyennes relativement faibles (Cd 1,15 µg/g ps, HgT 0,15 µg/g ps, Pb 1,09 µg/g ps).

759. Au Monténégro, la qualité des sédiments a été surveillée deux fois dans l'année, à deux stations : Lustica-Dobra Luka, comme station de référence, et Ada Bojana, comme point névralgique. Il n'existe pas de législation nationale pour l'évaluation de la qualité des sédiments. Selon certaines

normes internationales (DEKRA Nederland), le contenu des paramètres mesurés n'était pas une préoccupation à Ada Bojana, comme à Dobra Luka. Les augmentations de métal lourd ont été mesurées à Ada Bojana, qui est sous la pression du fleuve Bojana, en particulier la teneur en Ni, Cr, Zn, Cu. Les huiles minérales, HAP et TBT ont été trouvés à Ada Bojana uniquement. D'autres composés organiques mesurés étaient en dessous de la limite de détection selon le Programme de surveillance nationale du Monténégro — rapport MEDPOL 2009.

760. Le programme de biosurveillance du Monténégro a été entrepris à 7 stations, deux fois par an, en utilisant la moule *Mytilus galloprovincialis*. L'analyse du poisson, *Mullus barbatus*, a également été réalisée deux fois dans deux localités. Les résultats ont indiqué que la teneur en Pb chez les moules de Bar, Herceg Novi, Bijela et Tivat dépassait la valeur maximale autorisée (VMA) pour les aliments. De même, les teneurs en HAP et PCB, comme PCDD, avaient diminué. Selon le Programme de surveillance nationale du Monténégro — rapport MEDPOL 2009, la VMA n'a pas été dépassée pour les composés organostanniques.

761. Les concentrations d'aldrine, de dieldrine, d'endrine, de lindane et d'hexachlorobenzène chez *Mytilus galloprovincialis* sont dans la plage inférieure ng/g, à l'exception de certaines stations d'Albanie. Les concentrations de DDT étaient d'un ordre de grandeur plus élevé, avec p,p'-DDE, en général, comme composant dominant, bien que les récents apports de DDT dans certaines régions ne puissent pas être exclus. Des concentrations allant jusqu'à 9 779 ng/g ps du total des DDT ont été détectées chez les moules provenant du littoral albanais, indiquant probablement la présence de stocks de DDT dans le pays, ainsi que de lindane. Il n'y a pas eu de production de DDT en Croatie, à commencer par l'interdiction en 1972. Les données sur les concentrations de niveaux de DDT dans les sédiments ont été publiées pour le delta du Pô, indiquant des concentrations entre 0,3 et 1 406 DDT (ng/g ps), contrairement aux valeurs de fonds de 0,08 à 5 déterminées pour la Méditerranée (Gómez Gutiérrez *et al.*, 2007).

762. Au niveau régional, la teneur en PCB dans les sédiments de Méditerranée d'après l'étude (PNUE/PAM — MED POL, 2009) était comprise entre 1 et 15 815 ng/g ps (eq. alochlore), tandis que les niveaux de PCB chez *Merluccius merluccius* provenant de la mer Adriatique ont légèrement diminué entre 1993 et 2003 passant de 1 380 à 943 ng/g poids lipide (Storelli *et al.*, 2004). Les niveaux restants sont toujours élevés et la tendance à la baisse n'était pas statistiquement significative. Ces valeurs sont conformes aux concentrations en PCB d'autres espèces de poissons de la même région (PNUE/PAM — MED POL, 2009).

763. En général, la pollution par HAP dans la Méditerranée est largement détectée dans les zones littorales, clairement influencée par les émissions urbaines et industrielles dans l'air et dans l'eau. Les apports atmosphériques sont la source principale de pollution dans la mer libre. Dans les sédiments, la recherche a été axée sur les ports, les lagunes littorales, les embouchures de fleuve et les enceintes côtières près des centres urbains. Des niveaux élevés sont souvent détectés dans les ports, en particulier à Trieste. Dans le golfe de Trieste, ΣHAP 15 dans les sédiments allaient de 25 à 604 ng/g ps (Notar *et al.*, 2001), tandis que dans le port de Trieste (Italie) ces valeurs étaient comprises entre 2 340 et 64 570 ng/g ps (Adami *et al.*, 2000), alors que dans les zones littorales de Rovinj (ΣPAH 16) et Rijeka (ΣPAH 11) (Croatie), les concentrations étaient respectivement de 32 à 13 680 et 213 à 695 ng/g ps (Bihari *et al.*, 2006 et 2007). Cependant, dans la plupart des cas, les concentrations dans les sédiments de l'Adriatique ne dépassent pas 1 000 ng/g ps.

764. L'utilisation généralisée de composés organostanniques comme stabilisants dans la fabrication de polyvinylchlorure, comme biocides dans l'agriculture, comme composé fongicide dans la préservation des forêts et comme agents antisalissure, a créé plusieurs sources d'entrée pour ces composés dans les milieux aquatiques et terrestres, qui se trouvent dans les eaux, les sédiments et le biote des estuaires et de la mer. Une grande partie de l'attention portée sur cette libération de composés organostanniques dans l'environnement a mis l'accent sur le tributylétain (TBT), qui a été largement utilisé comme biocide dans les peintures et les revêtements dans les applications antisalissure marines.

765. Le TBT s'est avéré être un problème en Adriatique, mais montre une tendance à la baisse (Nemanič *et al.*, 2008). En 2000, la pollution organostannique a été étudiée dans la baie de Piran, en Slovénie, à l'extrémité nord de la mer Adriatique par une analyse de spéciation des composés organostanniques pentylés dans l'eau et les moules (*Mytilus galloprovincialis*). Les plus fortes concentrations de tributylétain (TBT) dans l'eau de mer allaient de 500 à 630 ng/l (comme Sn) en été (Nermanic *et al.*, 2002).

766. Malgré les efforts croissants visant à interdire le TBT dans les peintures antisalissure, il est prouvé que la contamination persiste dans le milieu aquatique. Des mesures dans la lagune de Venise sud montrent encore une forte contamination par le TBT et le DBT dans les eaux et les sédiments en raison de l'augmentation des chantiers navals, du transport maritime et des activités de la pêche. L'importante contamination par le TBT et le DBT chez le gastéropode, *N. nitidus*, des chantiers navals, des ports et des marinas prouve l'apport continu, même s'il n'est pas massif, de BT dans la partie sud de la lagune. La teneur plus élevée en DBT qu'en TBT chez les gastéropodes est probablement due la plus grande mobilité du DBT que du TBT dans les réseaux aquatiques. La persistance des BT dans les sédiments et leur diffusion, par la remise en suspension via les tempêtes et les activités anthropogéniques améliorées, pourrait faciliter la mobilisation de ces contaminants et leur transfert vers les invertébrés et poissons (Berto *et al.*, 2007).

767. Concernant les contaminants chez les espèces de poisson, Bayarri *et al.* (2001) ont réalisé une étude concernant la teneur en PCDD/F chez l'anchois (Engraulidés), le maquereau (Scombridés) et le rouget (*Mullus barbatus*) d'Adriatique. En général, les niveaux de contamination en PCDD et PCDF se sont avérés faibles. Les contributions analytiques des PCDF étaient supérieures à celles du PCDD. Les concentrations pour ces espèces étaient supérieures à des niveaux plus élevés dans le réseau trophique (maquereau > rouget > anchois), même si la teneur en matières grasses plus élevée de ces espèces devrait également être prise en compte. Les PCDD/F chez les espèces de la région nord étaient en général supérieurs à ceux des espèces des régions centrales et sud. Ainsi, ces espèces montrent une tendance vers des niveaux de contaminations supérieurs associés à des aires présentant un impact anthropogénique accru (Bayarri *et al.*, 2001).

#### Effets biologiques

768. Dans le cadre du programme de biosurveillance pilote développé par le PNUE/PAM — MED POL (PNUE-PAM, 2006 ; Viarengo *et al.*, 2007), une approche à deux niveaux a été proposée : un niveau inclut un biomarqueur général (stabilité de la membrane du lysosome) et un deuxième niveau une batterie de 6 biomarqueurs de stress et d'exposition utilisant la moule (*Mytilus galloprovincialis*) comme organisme sentinelle.

769. Dans le golfe de Trieste (Slovénie) et la baie de Kotor (Monténégro), les biomarqueurs chez *Mytilus galloprovincialis* ont été utilisés pour distinguer différentes masses d'eau avec diverses charges de pollution. Les différences les plus prononcées ont été trouvées dans les concentrations de métallothionéines (MT) qui étaient bien supérieures dans l'Adriatique nord (golfe de Trieste — Slovénie 117 à 144 µg/g ph), tandis que ces valeurs étaient de 39 à 48 µg/g sur la côte du Monténégro (baie de Kotor et Bijela). Les différences de fréquence des micronoyaux et d'activité AChE étaient moins prononcées entre les régions (Ramsak *et al.*, 2010). Les biomarqueurs comme la stabilité membranaire du lysosome, la teneur en lipide neutre et la lipofuscine, chez *Mytilus galloprovincialis* ont été utilisés avec succès pour distinguer les zones contaminées en Croatie (Petrović *et al.*, 2001 et 2004) et en Italie (Donnini *et al.*, 2007) et l'intégrité de l'ADN dans les branchies de moules a également été utilisée avec succès dans la région littorale croate (Bihari *et al.*, 2005).

#### 5.5.2 Activités d'immersion (introduction de substances et impact)

770. On trouve plusieurs grands ports dans l'Adriatique nord, ainsi que dans la partie sud. La circulation maritime intense et les travaux de maintenance portuaire devraient avoir des impacts significatifs sur le milieu marin, en particulier dans la partie peu profonde et sensible de l'Adriatique nord. Les rejets d'eaux de ballast peuvent avoir un impact significatif et cette préoccupation a conduit à une initiative déclarant une partie de l'Adriatique Zone maritime particulièrement sensible par l'OMI.

771. L'accessibilité des ports côtiers, des ports de pêche et des voies maritimes navigables est rarement naturellement profonde ; des profondeurs navigables doivent donc être maintenues par dragage répété. Chaque année, des opérations de dragage entraînent des centaines de millions de mètres cubes de sédiments à travers le monde, qui doivent être éliminés et gérés de façon durable sur le plan économique et environnemental (Van Dolah *et al.*, 1984 ; Harvey *et al.*, 1998). Le dragage et l'élimination des matières draguées est l'un des plus gros problèmes de la gestion de la zone côtière (Simonini *et al.*, 2005a).

772. Ce rapport ne contient pas d'étude sur l'élimination des déchets de dragage ou autre en mer spécifique à l'Adriatique, cependant des informations existent au MED POL pour les pays qui surveillent l'immersion de déblais de dragage dans le cadre du Protocole d'immersion de la Convention de Barcelone, ainsi que dans les bases de données tenues par le Secrétariat de la convention d'immersion de Londres. Les paragraphes qui suivent se rapportent aux impacts d'élimination de dragage en général.

773. Selon leurs caractéristiques chimiques et physiques et la concentration des contaminants, les sédiments dragués peuvent être éliminés de plusieurs façons : les sédiments propres à granulométrie appropriée peuvent être utilisés pour recharger les plages, tandis que les sédiments contaminés doivent être isolés et retenus sur terre. Cependant, pour des raisons économiques, la plupart des matières draguées sont actuellement éliminées dans des sites au large appropriés (Regoli *et al.*, 2002 ; Cruz-Motta et Collins, 2004). En Italie, le déversement des matières draguées dans des sites d'élimination appropriés situés au large est autorisé uniquement s'il n'existe aucune possibilité technique ou économique établie pour leur réutilisation ou implantation dans des décharges terrestres (ICRAM, 2002 ; Simonini *et al.*, 2005a).

774. L'élimination des sédiments dans les eaux libres peut être plus dommageable pour la communauté benthique que pour toute autre partie de l'écosystème aquatique du fait de l'immobilité relative des organismes benthiques. Des études sur l'élimination des déblais de dragage ont démontré une série d'impacts sur le benthos des fonds meubles, allant des impacts importants à long terme à des effets peu ou pas détectables (Harvey *et al.*, 1998 ; Newell *et al.*, 1998 ; Van Dolah *et al.*, 1984 ; Roberts et Forrest, 1999 ; Smith et Rule, 2001 ; Simonini *et al.*, 2005a). Lorsque des impacts ont été détectés, ils se manifestaient principalement par des réductions de la diversité des communautés sur des sites de réception, par rapport à des contrôles. Des modifications peuvent également apparaître au niveau des schémas de domination au sein de la communauté, avec une réduction de l'abondance de certaines espèces et une augmentation de l'abondance d'espèces opportunistes (Harvey *et al.*, 1998 ; Simonini *et al.*, 2005a).

775. Dans certains cas, des études ont également démontré un changement dans la structure trophique de la communauté affectée. Le type et la sévérité de l'impact de l'élimination des sédiments sur les écosystèmes benthiques varient en fonction de plusieurs facteurs (étude de Simonini *et al.*, 2005a et références ci-incluses) :

- caractéristiques chimico-physiques et volume de sédiments,
- profondeur de l'eau, surface, régime sédimentaire et hydrologique du site d'immersion,
- moment de l'année et similarité des sédiments dans les zones de dragage et d'élimination,
- contamination des matières draguées,
- mode d'élimination,
- adaptation des organismes au régime et à la structure sédimentaires locaux, et
- composition des assemblages benthiques dans le site d'élimination et les zones environnantes.

776. D'autres immersions en dehors des déblais de dragage comprennent l'élimination de déchets de poisson, de sédiments inertes et de matières créées par l'homme comme les navires, les installations de forage désaffectées, etc. La mesure dans laquelle ces activités ont lieu en Adriatique n'a pas été quantifiée dans ce rapport.

### **5.5.3 Enrichissement en nutriments et en matières organiques**

777. La mesure dans laquelle la Méditerranée est limitée en azote, comme le sont d'autres organes océaniques, est ouverte à la spéculation. L'étude de Guerzoni *et al.* (1999) suggère que, malgré les premières observations de limitation de P, les travaux ultérieurs sous-entendent que les eaux de surface méditerranéennes sont limitées en azote. En fait, il est de plus en plus prouvé que la Méditerranée orientale est limitée en phosphore et que la Méditerranée occidentale est probablement limitée en azote ou que la limitation passe de l'azote au phosphore et vice-versa en fonction de la période de l'année, ou de la zone considérée. Les niveaux exclusivement élevés de ratios N/P en

Méditerranée (20/27) par rapport à d'autres moyennes en haute mer (15) peuvent refléter cette situation et sont probablement la preuve de la limitation en azote (Guerzoni *et al.*, 1999).

778. En Croatie, les paramètres d'eutrophisation ont été surveillés depuis 1998 sur environ 20 sites le long du littoral. Les données indiquent que la plus grande partie des eaux du littoral est oligotrophe, à l'exception de quelques sites qui sont mésotrophes en raison de l'eutrophisation anthropogénique (baie de Kaštela près de Split, baie de Šibenik près de l'estuaire de la Krka et les eaux le long de l'Istre sous l'influence du Pô). La biomasse du phytoplancton du delta de la Neretva a été estimée sur 2003-2004 par des images satellite. Les résultats montrent que le niveau trophique de l'Adriatique orientale est bien inférieur à celui de la partie occidentale.

779. Au Monténégro, les paramètres d'eutrophisation ont été surveillés depuis 2008 sur 12 sites le long du littoral. À partir des résultats obtenus, on peut affirmer que les impacts de l'eutrophisation sont essentiellement visibles dans les aires de baie, principalement dans la baie de Kotor. Ceci est principalement dû au caractère géographique de la baie (très impliquée dans la terre) et également à la présence de rejets d'eaux usées non traitées, créant une production accrue de phytoplancton. Les valeurs du microplancton dépassent 106 cel./l, caractéristique des zones eutrophes et fortement eutrophes. De même, la présence d'espèces toxiques (HAB) avertit du danger de leur développement excessif et de l'impact négatif sur les créatures vivant dans la mer en raison de l'eutrophisation anthropogéniques (par exemple, les Bouches de Kotor (Boka Kotorska), selon l'étude pilote sur l'eutrophisation de la baie de Boka Kotorska, 2010).

780. Dans une perspective régionale, la zone littorale du sud-est de l'Adriatique est caractérisée par des apports en eau douce eutrophes significatifs en particulier en provenance du fleuve Buna/Bojana. La dynamique de la Buna/Bojana est compatible avec la contrainte dynamique de Coriolis donnant lieu à un transport vers le nord du panache, indépendant de la force du vent local dominant vers le sud qui devrait engendrer des courants vers le sud et une remontée localisée. La zone ROFI de la Buna/Bojana présente des concentrations en nutriments supérieures et des ratios Si/DIN supérieurs avec le panache du Pô, mais en surface, les concentrations en chlorophylle s'avèrent être similaires. Ces différences devraient contribuer aux différences dans la structure de la communauté du phytoplancton et aux voies de recyclage nutritif au sein du système. Les observations qui ont été présentées indiquent que, pour la bande côtière de la Buna/Bojana, les matières organiques se fixent loin de la zone de production primaire, dans l'extension en mer du plateau. La reminéralisation des matières organiques entraîne la formation du maximum secondaire intensifié du fond d'orthosilicate dissous qui est similaire à la région côtière eutrophe dans la mer Adriatique nord-ouest influencée par le panache du Pô. La combinaison des nutriments naturels et anthropogéniques dans les déversements fluviaux provenant de l'Adriatique sud-est, bien que différents en magnitude de flux et en concentration de nutriments inorganiques provenant de l'Adriatique nord-ouest, a des effets similaires sur les communautés de phytoplancton du littoral et sur le recyclage conséquent des nutriments qui apparaît le long de la côte. (Marini *et al.*, 2010).

781. D'autres modifications régionales sont liées aux apports agricoles et d'eaux usées. Au début des années 1990, la contribution moyenne estimée de l'agriculture à la charge nutritive totale (phosphore) était de 47-57 % pour N et 22-25 % pour P dans le bassin-versant du Pô. La diminution de la consommation d'engrais et l'augmentation des rendements des cultures ont donné lieu à une légère réduction du surplus agricole de N et (en particulier) P entre 1985 et 1995. Cependant, cette réduction n'a pas (encore) engendré de réduction similaire des apports agricoles dans le réseau fluvial. Les concentrations en nutriments ont diminué au cours de la dernière décennie également du fait de nouveaux réseaux et de nouvelles usines de traitement pour les eaux usées (PNUE/DEWA, 2004).

782. La quantité moyenne de déchets municipaux générée dans les pays de l'AEE par habitant et par an dépasse 400 kg. La comparaison de la génération de déchets municipaux dans les pays de l'AEE à la génération moyenne de déchets en Croatie, Italie et Slovénie indique que la génération moyenne de déchets en Italie est similaire à celle des autres pays de l'AEE ; les quantités moyennes en Slovénie sont relativement élevées, mais ont diminué entre 1995 et 2007 ; en Croatie, les quantités sont plus faibles, mais ont augmenté dans certaines régions, avec des améliorations dans des lieux spécifiques. Dans le bassin de Vranjić, dans la partie orientale de la baie de Kaštela (Adriatique centrale), par exemple, l'état trophique est passé d'eutrophe à mésotrophe après que l'utilisation de collecteurs municipaux au large eut été stoppée en 2004 (Šilić *et al.*, 2010).

783. Un récent contrôle commencé en 2007 indique que l'ensemble des sites surveillés sont oligotrophes et que la qualité de l'eau s'est améliorée. Aucune efflorescence de dinoflagellés « marée rouge » n'a été enregistrée. Il faut mentionner que durant les décennies précédentes, les efflorescences d'espèces « marée rouge » *Prorocentrum minimum* étaient courantes au printemps et en été. Les efflorescences de phytoplancton toxique du genre *Dinophysis* deviennent rares, enregistrées pour la plupart uniquement de façon locale dans le nord de l'Adriatique. En 2008, les concentrations de chlorophylle a étaient des valeurs de référence internes sur l'ensemble des sites surveillés près des estuaires et des grandes villes (Zadar, Šibenik, Split, Ploče). Dans les communautés de phytoplancton de ces sites, les diatomées préférant les concentrations de nutriments élevées étaient dominants comme *Pseudo-nitzschia spp.*, *Leptocylindrus danicus*, *L. minimus* et *Skeletonema costatum*. Le pourcentage de dinoflagellés a diminué tandis que le ratio de diatomées a augmenté.

784. Selon les rapports du PNUE/PAM — MED POL (Legović *et al.*, 1990 ; PNUE/PAM — MED POL 2009), l'oxygène dissous (OD) a augmenté dans la couche de surface et diminué dans la couche de fond en toutes saisons, sauf en hiver. Les modifications d'OD ont été attribuées à une augmentation de l'apport en nutriment anthropogénique qui a commencé en 1955-1966. Selon ces observations, l'écosystème du nord de l'Adriatique est passé à un état plus eutrophe conduisant à une apparition plus fréquente d'épisodes significatifs comme les vastes efflorescences de phytoplancton, les vastes formations de mucilage et la mortalité massive d'animaux benthiques par rapport à auparavant. Le seul remède pour diminuer la croissance de la production primaire était de réduire le taux excessif d'apport en nutriments. La production primaire, la chlorophylle a, l'oxygène dissous près du fond et les mesures d'OD ont été des paramètres mesurés régulièrement dans les aires touchées, tandis que les communautés benthiques et démersales ont été peu étudiées, bien que les mortalités massives des organismes benthiques liées à la réduction de l'oxygène dans le fond ont été signalées.

785. Dans l'Adriatique nord peu profonde, l'efflorescence de phytoplancton au large à l'automne 1989 a été suivi par un manque d'oxygène dans les couches du fond et une mortalité à grande échelle de la méio- et la macrofaune vivant dans les sédiments (Zavodnik *et al.*, 1990). Dans la méiofaune, on a constaté une mortalité initiale de 80 à 95 % : les populations de nématode P ont été moins touchées que les copépodes et autres taxons. La période de reprise « latente » a duré environ six mois et, ensuite, une forte augmentation de l'abondance s'est produite. Pour la macrofaune, certaines éponges, des polychètes, des échinodermes et des tuniciers ont été presque totalement exterminés, mais la plupart des actinies ont survécu. Le rétablissement des populations de la macrofaune est survenu progressivement, mais le processus a été plus rapide dans l'endofaune que pour les assemblages d'épifaune sessile. Certaines espèces de bivalves et de nématodes ont profité du phénomène d'« espace libre » observé dans toutes les stations étudiées. Après deux ans de rétablissement, la surveillance a montré qu'au niveau de la macrofaune et de la méiofaune, les communautés étudiées n'étaient pas encore stabilisées.

786. L'étude de Barmawidjaja (1995) indique les impacts historiques du Pô sur l'écosystème de la mer Adriatique nord. Les premiers changements substantiels sont liés aux variations du taux de sédimentation dues aux modifications du cours naturel du Pô (canaux, digues), ainsi qu'à la déforestation qui avait déjà commencé entre 1800 et 1840. L'association de la végétation existante a commencé à changer et a considérablement diminué. Depuis 1900, la tendance du surenrichissement nutritif a commencé à augmenter et est devenue fortement eutrophiée jusque dans les années 1930. Les modifications de la faune à partir des années 1960 sont liées aux épisodes d'anoxie saisonniers (Barmawidjaja, 1995).

787. Le taux moyen de population urbaine ayant accès à un réseau d'assainissement dans le bassin adriatique est environ de 96 %, bien que toutes les eaux usées collectées ne soient pas traitées de façon appropriée. En Méditerranée, le taux d'eaux usées collectées et traitées par l'assainissement public est compris entre 7 et 90 %. Sur une échelle régionale, 40 % des municipalités de plus de 2 000 habitants (673 villes sur 1 699) ne sont pas desservies par des usines de traitement des eaux usées. Le niveau de traitement le plus commun est le traitement secondaire, utilisé dans 55 % des villes côtières de plus de 10 000 habitants. Le traitement tertiaire n'est pas beaucoup utilisé, bien que proportionnellement davantage dans les petites villes : 28 et 25 % dans les villes non côtières et 15 % dans les grandes villes côtières (Figure 5.10).

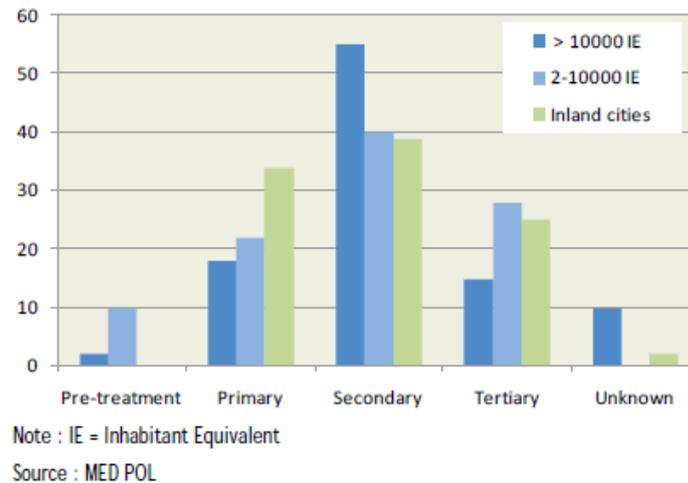


Figure 5.10 : Degré du processus de traitement des usines de traitement des eaux usées dans les villes côtières et terrestres, 2004 (%) (PNUE/PAM — Blue Plan, 2009)

788. La comparaison des quantités et du degré de traitement des eaux usées dans les petites et grandes villes côtières indique que les villes les plus petites disposent d'un traitement primaire limité ou inexistant, tandis que les populations les plus importantes des grandes villes côtières sont reliées à des STEP avec traitement primaire et secondaire.

789. Le coin salé de la rivière Krka est une autre zone de préoccupation. Dans l'estuaire de la rivière Krka, l'échange d'eau douce et d'eau de mer dans l'estuaire stratifié varie avec le flux (Žutić et Legović, 1990). En hiver, le temps estimé pour le renouvellement de l'eau douce varie entre 6 et 20 jours, tandis qu'en été il est d'environ 80 jours. La durée d'échange de l'eau de mer est environ cinq fois plus longue. La température maximale se trouve sur le bord inférieur de l'halocline où la température la plus élevée en Adriatique a été enregistrée (31 °C). Le vent fort du nord induit une inclinaison de la couche d'eau saumâtre et donc une mortalité soudaine des coquillages marins situés près de l'halocline. L'halocline est une interface d'accumulation de particules organiques vivantes et non-vivantes et de polluants ; un site de transformation physico-chimique de matières organiques sous l'influence du gradient de salinité ; un site de production primaire intensive, principalement marine, avec un pic de concentration d'oxygène dissous ; un site de processus de décomposition intensifs ; une barrière pour le transport de l'oxygène vers la couche marine.

790. La principale source de silice et d'azote est la rivière Krka elle-même. La source dominante de phosphore dans l'estuaire supérieur coule et la décomposition de phytoplancton d'eau douce se produit, tandis que l'estuaire inférieur reçoit l'afflux anthropogénique de la ville et du port de Šibenik. L'hypoxie benthique et la mortalité massive de la macrofaune benthique ont été observées pendant deux années consécutives. L'hypoxie persiste jusqu'à ce que le débit de la rivière augmente et que l'eau de mer dans le fond se renouvelle par le flux de compensation avec de l'eau froide et plus riche en oxygène, semblable à l'effet découvert dans le fleuve inférieur de l'Èbre en Espagne (Cruzado *et al.*, 2002).

791. L'effet d'eutrophisation engendré par le déversement fluvial dans le golfe de Trieste est limité aux embouchures de fleuves et à certaines parties internes des baies (par exemple, la baie de Koper). La biomasse de la chlorophylle, les abondances du phytoplancton et les concentrations nutritives dans ces régions sont plus élevées qu'à des stations plus distantes, mais l'étendue de la réponse biologique observée n'est pas aussi élevée qu'attendu. Les mêmes tendances que celles citées précédemment sont valables pour l'ensemble de l'Adriatique nord et sont même plus prononcées dans la partie occidentale du bassin (Mozetič *et al.*, 2009).

#### 5.5.4 Perturbations physiques et biologiques

##### *Perturbations physiques et biologiques dues aux activités de la pêche*

792. En Adriatique, le secteur de la pêche est en croissance en raison de la pisciculture et de la pêche, avec certaines régions également exploitées à des fins de pêche. La dorade et le bar sont des espèces d'élevage communes. L'huître et la moule sont également cultivées. Il n'y a pas beaucoup de bateaux de pêche de type industriel et la plupart d'entre eux sont de type artisanal. La pêche illégale, non déclarée et non réglementée sont devenues des pratiques courantes.

793. Il est difficile de déterminer l'influence de la pêche sur les poissons pélagiques en Adriatique, en particulier sur les clupéidés et les scombridés, car ils sont soumis à des variations saisonnières et sur plusieurs années provoquées par différents facteurs environnementaux. Le thon rouge est une espèce menacée au niveau mondial et les quotas émis par l'ICCAT pour la Croatie vont de 800 à 1 000 t/an. Il est interdit de pêcher des thons de moins de 30 kg, mais il existe une exception pour la mariculture où les poissons de plus de 8 kg peuvent être capturés. Au cours de la dernière décennie, l'engraissement du thon est devenu très populaire et économiquement important en Croatie, car toute la production est destinée au marché japonais.

794. Comparée à la pêche pélagique, la capture de pêches démersales est relativement faible, atteignant 6 000 tonnes par an (incluant principalement *Merluccius merluccius* et *Mullus barbatus*). L'outil de pêche le plus répandu est le chalut. Suite à l'exploitation non durable pendant de nombreuses années, de multiples populations de poissons en Adriatique ont vu leur nombre fortement diminuer. La zone de l'Adriatique ouverte où les poissons de fond cartilagineux (*Scyliorhinus canicula*, *Raja spp.*, *Mustelus spp.*, *Squalus spp.*, etc.) ont presque disparu du fait de la pêche intensive illustre bien cela (Jardas *et al.*, 2008).

795. L'abondance de certains poissons des communautés littorales dans les captures pendant de nombreuses années indique qu'ils peuvent être sur le point de disparaître, comme *Sciaena umbra*, *Labrus merula*, *Labrus mixtus*, *Labrus viridis*. Dans le même temps, la présence de certaines autres espèces, comme *Scorpaena porcus*, *Symphodus tinca*, a augmenté car elles se sont révélées plus résistantes à l'exploitation.

796. Concernant les autres espèces de poisson, il semble que *Nephrops norvegicus* soit la plus menacée. Son indice de biomasse indique une forte tendance à la baisse depuis des années à cause de la surpêche. *Spongia officinalis* et *Corallium rubrum* sont devenus rares, mais sont toujours exploités. La collecte annuelle de 100 t d'éponges et 450 kg de corail rouge a été enregistrée en 2003 et 2004. Les permis pour la collecte des éponges et des coraux sont aujourd'hui liés uniquement à des activités traditionnelles dans certaines régions. Il est permis de collecter 200 kg de corail rouge par permis. Dans certaines régions, les plongeurs ont presque complètement éradiqué les colonies de homards *Homarus gammarus* et *Palinurus elephas*. Malgré la protection juridique de longue date de la grande nacre *Pinna nobilis* et de la datte de mer *Lithophaga lithophaga*, ces espèces sont toujours ramassées illégalement.

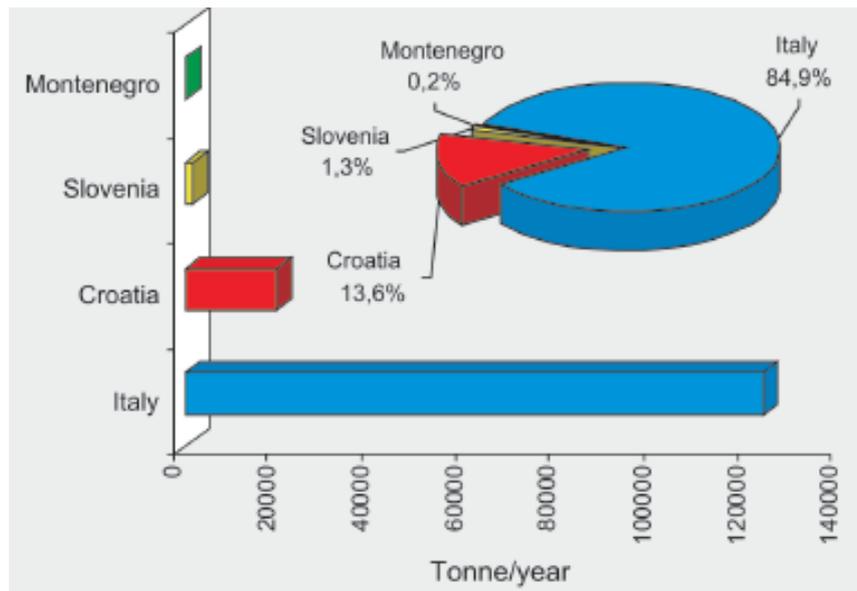


Figure 5.11 : Capture annuelle des pays de l'Adriatique entre 1992 et 2004 (Jardas *et al.*, 2008)

797. Les captures accessoires représentent un sérieux problème en Slovaquie. Des données sont disponibles sur la capture accidentelle de la tortue caouanne (*Caretta caretta*) et du grand dauphin (*Tursiops truncatus*), bien que le problème soit peut-être encore plus important pour les espèces de requin et de raie dans la région. De nombreuses raies sont continuellement jetées à la mer, avec peu de chances de survie. Parmi les espèces enregistrées comme captures accessoires, on trouve le requin pèlerin (*Cetorhinus maximus*), le requin renard (*Alopias vulpinus*), le requin bleu (*Prionace glauca*), l'aigle-vachette (*Pteromylaeus bovinus*), la raie aigle (*Myliobatis aquila*) et la pastenague pélagique (*Dasyatis violacea*).

798. Les prises accessoires ont été surveillées en Croatie pendant plusieurs années (CEA, 2010). Au moins 2 500 tortues caouannes ont été attrapées par les chaluts chaque année dans l'est de l'Adriatique. D'autres types de filets capturent au moins 658 tortues caouannes chaque année (nord de l'Adriatique) et parfois même *Chelonia mydas* et *Dermochelys coriacea*. Concernant les cétacés, on a surtout enregistré *Tursiops truncatus*, avec une moyenne annuelle de 15-20 individus.

799. La production de la pêche de la mer Adriatique au cours des 5 dernières années, même si elle augmente, n'a pas encore atteint le niveau de la période précédant l'année 1990 avec 10 400 tonnes. La production réelle actuelle est égale à 74 % de la production d'avant 1990 (MoEFWA, 2009). La pêche au fond a augmenté, mais on constate une forte diminution des petits poissons pélagiques. Les données sur les stocks de poissons, en raison du manque de financement, sont rassemblées surtout par des projets de donateurs, mais il n'y a pas de continuité et de surveillance de base scientifique, ce qui rend difficile la présentation de données précises sur la population et l'abondance du poisson. Les données officielles disponibles sont celles de l'étude du chalut internationale de Méditerranée (MEDITS), un programme visant à soutenir la gestion du poisson dans la région méditerranéenne (MoEFWA, 2009).

Le tableau ci-dessous présente la répartition totale des pêcheurs par type de navires et les catégories de longueur de leurs filets (MoEFWA, 2009).

Types de navires	Nombre de pêcheurs				Total nombre	Total %
	> 12 m	> 12 m %	< 12 m	< 12 m %		
Sennes coulissantes	0	0	4	1	<b>4</b>	1
Autres sennes	2	2	31	5	<b>33</b>	5
Chalutiers	9	8	502	86	<b>511</b>	72
Filets maillants	83	70	45	8	<b>128</b>	18
Palangres	14	12	2	0	<b>16</b>	2
Polyvalents	9	8	3	1	<b>12</b>	2
Inconnus	2	2		0	<b>2</b>	0
<b>TOTAL</b>	<b>119</b>	<b>100 %</b>	<b>587</b>	<b>100 %</b>	<b>706</b>	<b>100 %</b>

800. Les poissons les plus communs et les plus commerciaux sont *Sardina pilchardus sardina*, *Engraulis encrasicolus*, *Merluccius merluccius*, *Sparus auratus*, *Dicentrarchus labrax*, *Mullus barbatus*, *Mugil cephalus*, *Mugil labrosus*, *Anguilla anguilla*, *Lithognathus mormyrus*, *Solea sp.*, *Aphanius fasciatus*, *Lichia amia*, *Pagrus pagrus*, *Arnaglosus laterna*, etc. Les principales pêches sont répertoriées ci-après :

- La sardine (*Sardina pilchardus sardina*) est l'un des plus importants poissons pour l'industrie de la pêche, qui vit le long du littoral albanais et principalement à Vlora et Shengjin à 30-80 m de profondeur. On la trouve plus fréquemment à 50-70 m de profondeur.
- L'anchois (*Engraulis encrasicolus*) est un autre petit poisson pélagique d'une importance particulière pour l'industrie de la pêche. On le trouve à 100-300 m de profondeur et le plus souvent à 50-120 m.
- Le merlu (*Merluccius merluccius*) est également important pour la pêche. Il est visible le long de la côte albanaise, en particulier à Vlora, dans la Buna à 50-350 m de profondeur et on le trouve le plus souvent à 70-150 m de profondeur.
- *Dicentrarchus labrax* se trouve le long de la côte à 60 m de profondeur et principalement à 20 m et dans les lagunes littorales.
- Les espèces de sparidés, comme *Sparus auratus*, *Diplodus spp* (cinq espèces), *Pagellus spp.* (trois espèces), *Dentex spp.* (trois espèces), etc., apparaissent principalement près de la région côtière.
- Les rougets, *Mullus barbatus* et *Mullus surmuletus*, se trouvent le long de l'ensemble du littoral, principalement en Adriatique, à 20-150 m de profondeur et dans les fonds rocheux et vaseux à partir de 5-60 m de profondeur.

801. Les coquillages (principalement les espèces sepia) représentent également une part très importante des espèces de poissons commerciales dans le pays, mais ils ne sont pas surveillés ou comptabilisés dans les documents existants.

802. La gestion insuffisante de la pêche est l'un des problèmes de gestion majeurs en Adriatique. Les espèces pêchées les plus communes et les plus commerciales sont *Sardina pilchardus sardina*, *Engraulis encrasicolus*, *Merluccius merluccius*, *Sparus auratus*, *Dicentrarchus labrax*, *Mullus barbatus*, *Mugil cephalus*, *Mugil labrosus*, *Anguilla anguilla*, *Lithognathus mormyrus*, *Solea sp.*, *Aphanius fasciatus*, *Lichia amia*, *Pagrus pagrus*, *Arnaglosus laterna*. La pêche n'influence pas seulement les populations des espèces ciblées, mais également les espèces non-ciblées par la capture comme les tortues marines et les mammifères. Ces animaux sont généralement des animaux à croissance lente avec des taux de reproduction très bas, ainsi les impacts sur leurs populations peuvent être assez graves. De nombreuses espèces de l'ensemble des taxons sont également capturées accidentellement par la pêche. Elles ne sont pas consommées par l'Homme et sont rejetées. Bien que les animaux rejetés puissent être consommés par des mangeurs opportunistes dans l'eau, la plupart d'entre eux sont gaspillés, ce qui endommage considérablement les écosystèmes et la prestation de services écosystémiques au sein du processus. Un synopsis concernant les problèmes liés à la pêche dans chaque pays de la sous-région se trouve ci-après.

803. La pêche en Albanie est essentiellement maritime, bien que la pêche lagunaire et fluviale se fasse à une échelle limitée. Au cours des dernières années, l'aquaculture a été de plus en plus favorisée avec un accent particulier mis sur les alevins de carpes et les poissons pour la consommation générale (y compris les fermes marines). Actuellement, il existe 58 piscicultures en Albanie : 9 piscicultures, 3 laboratoires d'alevinage de carpe et 46 pour la trutticulture. En 2006, la production nationale de la pêche en Albanie était d'environ 7 699 tonnes, dont 5 729 étaient capturées et 1 970 provenaient de l'aquaculture. En outre, les importations de poissons entre 2003 et 2007 atteignaient une moyenne d'environ 13 559 tonnes, tandis que les exportations étaient de 4 382 tonnes. En 2006, les importations de poissons atteignaient environ 11 969 240 € (16 347 000 \$), tandis que les exportations étaient de 17 509 783 € (23 914 000 \$) avec un solde net de 5 540 542 € (7 567 000 \$). Entre 2003 et 2005, la consommation moyenne par habitant était de 4,5 kg/an (FAO, 2008).

804. Au cours des dix dernières années, la pêche s'est faite le long du littoral à des profondeurs allant de 2 à 30 m, ce qui a conduit à l'appauvrissement des aires de reproduction des sparidés,

soléidés, mullidés et autres familles. Les aires de reproduction de *Posidonia oceanica* ont été sérieusement détériorées par les modifications de la structure de la flotte de pêche. Plus de 50 % des bateaux de pêche ont des moteurs de petite puissance (100 cv) et sont donc en mesure d'appliquer des techniques de pêche profonde (chalutage) dans des zones peu profondes, car ils ne peuvent pas pêcher dans des zones atteignant plus de 50 m de profondeur. Il est évident que la flotte de pêche albanaise est dominée par une forte présence de chalutiers (62 %), suivis par les filets maillants (28 %). Une bonne partie de la flotte de pêche de l'Albanie concentre son activité de pêche, illégalement, dans les eaux peu profondes à l'avant des canaux de communication des lagunes avec les mers, pêchant à moins de 6 km du rivage. Par conséquent, la régénération et la repopulation naturelles des lagunes littorales sont sérieusement endommagées et les ressources halieutiques se sont appauvries dans l'ensemble des lagunes (MoEFWA, 2009). La pêche artisanale est en expansion le long du littoral et exploite la zone peu profonde de la mer jusqu'à 4 km du rivage, d'autant plus que les côtes sont de plus en plus peuplées. Environ 250 petits bateaux sont utilisés pour ce type de pêche (MoEFWA, 2009).

805. En Albanie, il n'existe pas de tradition de pêche aux mollusques, mais ils ont été cultivés dans certaines aires particulières. L'Albanie n'est pas autorisée à exporter des mollusques du fait des réglementations et exigences de l'UE. D'autre part, la culture de bivalves s'est développée depuis le début des années 1960 dans la lagune côtière de Butrint où des structures fixes sont utilisées pour la production de la moule méditerranéenne (*Mytilus galloprovincialis*). Grâce aux excellentes conditions environnementales dans cette lagune, environ 80 unités fixes en béton ont été construites ici au cours des années 1970 et la production n'a cessé de croître et a atteint un maximum de 5 000 tonnes/an à la fin des années 1980. Au cours des cinq dernières années, le regroupement de l'espèce *Litophaga litophaga* (qui signifie « mangeur de pierres ») a été croissant et l'extraction a provoqué la destruction de l'habitat rocheux du littoral.

806. Peu de données sont disponibles sur la pêche en Bosnie-Herzégovine, mais 176 espèces ont été répertoriées. Deux piscicultures pour le bar et la dorade royale existent, ainsi que plusieurs sites d'élevage de moules à petite échelle (*Mytilus galloprovincialis*) dans la baie de Neum-Klek (des élevages de moules et d'huîtres (*Ostrea edulis*) se trouvent aussi tout près dans la baie de Mali Ston en Croatie).

807. La pêche de petits poissons pélagiques en Slovénie est réalisée par trois types d'appareils de pêche. Le plus primitif de ceux-ci est le filet dérivant. L'espèce cible de cet appareil est *Sardina pilchardus* avec une très bonne sélectivité (Marčeta, 2002). Les types suivants sont les sennes coulissantes, utilisées pour la sardine, l'anchois commun, le maquereau commun, le maquereau espagnol et le chinchard. Deux paires de chalutiers pélagiques sont utilisées dans les eaux internationales de la mer Adriatique nord. Ils travaillent toute l'année en suivant l'espèce cible, la sardine. La flotte de chalutiers de fond (23 en 2001) pêche de septembre à février. Les espèces les plus importantes parmi ses captures multiples sont le poulpe musqué, la seiche et diverses espèces de poissons démersaux. On dénombre environ 80 pêcheurs de petite échelle.

808. La pêche en Croatie suit la tendance globale de l'Adriatique. Sur 442 taxons enregistrés en mer Adriatique, environ 200 espèces sont affectées par la pêche. Parmi elles, environ 70 sont attrapées de façon ciblée, 50 de façon accidentelles et les autres sont des espèces rares et celles enregistrées en tant que prises accessoires. L'Adriatique fait face à un problème de surpêche qui a un impact négatif significatif sur les communautés de poissons (Jardas *et al.*, 2008).

809. La pêche pélagique est principalement basée sur huit espèces de petits poissons, avec la sardine *Sardina pilchardus* et l'anchois *Engraulis encrasicolus* comme espèces les plus importantes et abondantes. Plusieurs autres espèces de grands poissons sont notables, le thon rouge *Thunnus thynnus* occupant la place la plus importante par le volume de capture et l'importance économique. *Scomber japonicus*, *Scomber scombrus* et *Sarda sarda* en sont d'autres. Les espèces de poissons démersales les plus importantes sur le plan commercial sont le merlu *Merluccius merluccius* et le rouget *Mullus barbatus*. Parmi les autres, on trouve *Merlangius merlangius*, *Lophius* sp, *Pagellus erythrinus*, *Trachurus* sp, *Trisopterus m. capelanus*, *Zeus faber* et certaines espèces cartilagineuses comme *Raja clavata*, *Scyliorhinus canicula* et *Mustelus mustelus*. De plus, les stocks de poissons dans les eaux littorales comptent *Boops boops*, *Dentex* sp, *Diplodus vulgaris*, *Liza* sp, *Mullus surmuletus*, *Oblada melanura*, *Sarpa salpa*, *Scorpaena* sp, *Solea* sp, *Spicara mæna* et *S. smaris* (CEA, 2010)

810. Outre les poissons, les espèces économiquement importantes pour la pêche sont les crustacés et les mollusques. Parmi les crustacés, le plus notable est la langoustine *Nephrops norvegicus*, suivie de *Homarus gamarus*, *Palinurus elephas*, *Maja squinado* et *Parapenæus longirostris*. Les céphalopodes importants sont *Loligo vulgaris*, *Octopus vulgaris* et *Sepia officinalis* ainsi qu'*Eledone cirrhosa*, *E. moschata* et *Illex coindetii*. Parmi les mollusques, on trouve *Mytilus galloprovincialis*, *Ostrea edulis*, *Pecten jacobæus*, *Arca noæ*, *Ruditapes decussates* et *Venus spp.* De plus, les espèces commerciales incluent l'éponge *Spongia officinalis* et le corail rouge *Coralium rubrum* qui sont toujours pêchés dans certaines aires dans le cadre de la pêche traditionnelle.

#### Aquaculture

811. L'aquaculture peut aussi avoir un impact significatif sur la biodiversité marine, bien que principalement au niveau local. Dans le cas de la pisciculture en cage, la nourriture non consommée (environ 10 % du volume total) et les produits métaboliques s'infiltrent dans la mer et engendrent une pollution organique et une eutrophisation, et souvent même une hypoxie et une anoxie locales. Presque tous les élevages de poissons affichent une dégradation des communautés benthiques sous cage dans une certaine mesure, l'exemple des prairies de *Posidonia* est le plus notable. Le fond marin sous les cages est souvent constitué de films blancs compacts de la bactérie *Beggiatoa spp.* (Jardas *et al.*, 2010). L'aquaculture peut aussi être la source de propagation d'organismes étrangers ou même d'agents pathogènes microbiens en haute mer. Du fait des influences mentionnées, dans la plupart des pays, l'évaluation de l'impact environnemental est obligatoire avant la remise de permis pour des fermes aquacoles plus grandes dans la plupart des pays.

812. Les données sur l'aquaculture sont limitées, mais des chiffres sont disponibles pour la Croatie. Aujourd'hui, l'aquaculture en Croatie a une production annuelle totale d'environ 12 000 tonnes et un revenu de 10 millions d'euros. L'engraissement du thon rouge domine avec une production d'environ 5 000 t/an et un revenu d'environ 80 millions d'euros. L'élevage de poisson blanc produit environ 4 000 t/an et inclut principalement le bar *Dicentrarchus labrax* et la dorade royale *Sparus aurata* et également (moins de 5 % de la production totale) *Dentex dentex* et *Puntazzo puntazzo*. La production totale de mollusques et crustacés en 2006 a été estimée à 3 500 tonnes de moules *Mytilus galloprovincialis* et un million d'huîtres *Ostrea edulis*. Au cours des dernières années, la production de coquillages a connu une forte augmentation, du fait de la reproduction mécanisée au large et de l'ouverture de nouveaux sites de reproduction. Des essais de production de nouvelles espèces de bivalves ont commencé : d'espèces pour lesquelles il existe déjà une technologie développée pour l'élevage (pétoncles), en passant par les espèces qui sont dans une phase de recherche avancée (*Venus verrucosa* et *Perna nobilis*), à des espèces intéressantes qui ont déjà été explorées comme la datte de mer *Lithophaga lithophaga* (Glamuzina *et al.*, 2009).

#### Perturbations physiques et biologiques dues aux espèces exotiques

813. L'introduction d'espèces exotiques se fait par le rejet des eaux de ballast dans la mer, le canal de Suez, la mariculture et l'encrassement des navires. Dulčić *et al.* (2010) ont indiqué qu'au moins 11 espèces de poissons migrants lessepsiens ont été identifiées dans l'Adriatique. Dulčić et Gerbec (2000) ont découvert que la modification de l'ichtyofaune en Adriatique était associée aux changements climatiques et océanographiques.

814. Le cubuzoan, *Carybdea marsupialis*, a d'abord été enregistré en Adriatique au milieu des années 1980 et est un piqueur indésirable. Par ailleurs, *Pelagia noctulica* est encore en augmentation. La tendance mondiale vers la forte abondance de méduses pourrait également être corrélée à la surpêche. Les méduses et les poissons interagissent en tant que prédateurs et concurrents les uns des autres. Le retrait des gros poissons, du fait de la surpêche, ouvre une niche écologique pour les méduses (Boero *et al.*, 2008).

815. Bello *et al.* (2004) ont indiqué que la tropicalisation de la mer Adriatique se confirmait par l'expansion de la population vers le nord le long de la côte sud-ouest de quelques espèces résidentes (poissons osseux *Thalassoma pavo* et *Sparisoma cretense*, une espèce de gastropode *Stramonita haemastoma*, une espèce de céphalopode *Octopus macropus* et le résident à court terme *Caulerpa racemosa*, une chlorophyte) et l'implantation dans la province de Bari de trois dinoflagellés tropicaux (*Ostreopsis lenticularis*, *Coolia monotis* et *Prorocentrum mexicanum*).

### *Surenrichissement nutritif*

816. De 1989 à 1992, des efflorescences de phytoplancton ont eu lieu plusieurs fois au large et sur les côtes dans des zones au nord de l'Adriatique. Des agrégats muqueux (« neige de mer », « fils », « tapis ») ont été évalués comme un effet visuel, c'est-à-dire secondaire, des efflorescences microphytes. Les agrégats muqueux peuvent être déplacés par les vents/vagues et les courants et peuvent s'accumuler localement. Dans des conditions hydrographiques et météorologiques spécifiques, les agrégats muqueux peuvent s'accumuler et se déposer sur le fond, et affecter ainsi la flore et la faune benthiques par étouffement et/ou par appauvrissement en oxygène de la couche inférieure. Dans la zone étudiée, l'appauvrissement en oxygène est limité dans le temps et dans l'espace. Suite à la mortalité massive des organismes benthiques dans une station en novembre 1989, l'anoxie biologique a été notée à plusieurs reprises en 1990 et 1991. Ces événements ont affecté la population et le processus de rétablissement de la communauté (Zavodnik *et al.*, 1994).

817. Au cours des deux dernières décennies, on a observé une transition des marées rouges vers un phénomène de mucilage. Ce phénomène est connu pour être survenu régulièrement pendant plus de deux siècles et a été enregistré pour la première fois en 1729 (Vollenweider *et al.*, 1995). Presque tous les ans, le phénomène de mucilage apparaît sous forme de neige marine ou de toile d'araignée dense, de nuages, de tapis, de couche crémeuse/gélatineuse (Precali *et al.*, 2005). Les agrégats muqueux influencent la variabilité temporelle et spatiale du zooplancton et peuvent affecter de façon sérieuse certaines espèces de poissons qui se reproduisent pendant la période chaude de l'année (Bohdansky et Herndl, 1995 ; Malej & Harris, 1993 ; Cabrini *et al.*, 1992 ; Cataletto *et al.*, 1996 ; Fonda Umani *et al.*, 2005). Lorsque le mucilage coule au fond, il couvre physiquement les organismes qui vivent sur le fond ou dans les sédiments et entrave alors les processus physiologiques normaux. Sous le mucilage installé, le manque d'oxygène est total.

818. Dans la sous-région, l'anoxie la plus destructrice a été enregistrée en septembre 1983 et a duré pendant deux semaines, couvrant un tiers du golfe de Trieste (Stachowitsch, 1984, 1986 ; Faganelli *et al.*, 1985). Dans la zone concernée, tous les animaux démersaux enracinés, partiellement enracinés et peu mobiles sont morts à cette époque. Le système benthique ne s'est pas encore complètement rétabli (Stachowitsch, 1991 ; Kollmann & Stachowitsch, 2001).

819. Dans les événements anoxiques, les macro-organismes les plus sensibles à l'anoxie biologique se sont avérés être les éponges, certains polychètes, échinodermes et tuniciers, tandis que les actiniens se sont révélés plus résistants. Parmi les taxons méiofaunaux vivant dans les sédiments, les copépodes ont été bien plus affectés que les nématodes (Zavodnik *et al.*, 1994). Le rétablissement des communautés des fonds meubles est un processus lent qui, en raison de l'instabilité des communautés, est très sensible aux interactions des facteurs environnementaux biotiques et abiotiques.

#### **5.5.5 Effets du bruit sous-marin et des déchets marins**

820. Il n'existe aucune information qui permettrait d'évaluer la magnitude des impacts provoqués par le bruit généré par l'activité marine, cependant, le problème des déchets marins a été abordé de façon générale comme phénomène à l'échelle méditerranéenne. Ce rapport ne fournit pas d'informations sur ce sujet spécifique à cette sous-région.

821. L'un des impacts transfrontaliers des déchets rejetés dans l'environnement méditerranéen lié à l'immersion et à la gestion inappropriée des déchets est le phénomène des déchets marins. Une récente étude bibliographique réalisée par le PNUE/PAM — MED POL sur le phénomène en Méditerranée a conclu qu'entre 2002 et 2006, la situation n'avait pas connu de nette amélioration. Les déchets marins, que l'on trouve dans la mer et sur le littoral, proviennent principalement des centres urbains côtiers. Ces déchets sont générés par le rejet direct des déchets domestiques, les déchets des infrastructures touristiques, les flux des sites de décharge et des cours d'eau et des déchets provenant du trafic maritime. Le PNUE/PAM — MED POL observe, en particulier, que la gestion des déchets solides dans les régions côtières n'est généralement pas couverte par les politiques environnementales nationales, mais par les politiques de santé, et qu'il n'y a généralement pas de politique municipale sur la gestion des déchets solides : les stratégies municipales étant orientées surtout pour répondre aux normes fondamentales de l'hygiène publique. Pour des raisons techniques et économiques, il semble que la mer soit toujours considérée comme le site d'élimination des déchets le plus simple et que, par conséquent, l'élimination des déchets solides dans la mer soit toujours une pratique courante pour les villes de petite et moyenne tailles.

822. Cependant, des signes indiquent que le problème des déchets est abordé dans certaines régions. Par exemple, la Croatie a développé un plan et une stratégie de surveillance des déchets qui incluent la gestion des déchets municipaux ; cela pourrait être étendu pour inclure la surveillance des déchets marins.

823. Des ONG nationales, régionales et internationales participent activement à des campagnes de nettoyage des plages méditerranéennes. L'ICC (International Coastal Cleanup) observe qu'en Méditerranée, la fraction lourde (gros appareils ménagers) diminue et que le poids moyen de déchets trouvés en mer a diminué de 511 à 258 g. En ce qui concerne la fraction légère, le nombre de sacs plastique, de bouchons et de bouteilles en plastique diminue également ; la part de plastique trouvé dans la mer domine et représente 75 % des articles collectés. L'analyse des données disponibles indique que les activités de loisirs et du littoral représentent 52 % des déchets trouvés sur les plages (PNUE/PAM — Blue Plan, 2009).

### **5.5.6 Nouveaux enjeux : les effets des changements climatiques et les modifications des mers profondes.**

#### *Impacts des changements climatiques*

824. En Méditerranée, la tropicalisation est un indicateur significatif des changements climatiques. Bello *et al.* (2004) ont indiqué que la tropicalisation de la mer Adriatique se confirmait par l'expansion de la population vers le nord le long de la côte sud-ouest de quelques espèces résidentes (poissons osseux *Thalassoma pavo* et *Sparisoma cretense*, une espèce de gastropode *Stramonita haemastoma*, une espèce de céphalopode *Octopus macropus* et le résident à court terme *Caulerpa racemosa*, une chlorophyte) et l'implantation dans la province de Bari de trois dinoflagellés tropicaux (*Ostreopsis lenticularis*, *Coolia monotis* et *Prorocentrum mexicanum*). Les coraux, comme les gorgones (*Paramuricea*, *Eunicella* et autres) sont menacés par l'augmentation de la température de l'eau (des mortalités massives dues à des épidémies induites par le stress et liées aux changements de température de la mer en Méditerranée ont déjà été enregistrées) ; la même menace pèse sur le corail scléactiniaire colonial *Cladocora caespitosa* qui construit des masses coralligènes considérables en mer Adriatique en raison de la zooxanthelle symbiotique.

825. Plusieurs taxons marins sont susceptibles d'être affectés par les futurs changements climatiques. Les tortues caouannes *Caretta caretta* seront probablement touchées, comme les mammifères marins tels que le grand dauphin *Tursiops truncatus* et le phoque moine méditerranéen *Monachus monachus* qui sont susceptibles d'être menacés par les modifications relatives à la répartition et l'abondance de leurs proies (plancton, poisson et calmar).

826. Les oiseaux marins pourraient être affectés par les changements climatiques via la disponibilité des sites de reproduction et des ressources alimentaires du fait de l'augmentation du niveau de l'eau et des modifications possibles chez les populations de poissons. Concernant les espèces commerciales, des modifications de schémas de frai et de répartition des espèces pélagiques les plus importantes au niveau économique, la sardine *Sardina pilchardus* et le sprat *Sprattus sprattus*, ainsi que la sardinelle *Sardinella aurita*, ont déjà été enregistrées en mer Adriatique. Les zones importantes de frai et d'alevinage pourraient être menacées comme le canal de Velebit, le delta de la Neretva, la fosse de Jabuka et d'autres. L'anguille commune *Anguilla anguilla* et d'autres poissons anadromes dans les cours d'eau seront également menacés par les modifications du régime de l'eau.

827. Il a été conclu que les impacts des nouvelles espèces thermophiles qui apparaissent dans l'Adriatique pourraient être doubles, selon qu'elles étaient observées dans le sens économique ou écologique. Par exemple, la migration des mérus sombres du sud vers le centre et le nord de l'Adriatique a un impact économique positif sur la pêche, car les mérus sombres sont des poissons rares et assez recherchés. Cependant, il existe également un impact négatif dû à une concurrence avec certaines espèces locales. Les implications pour le secteur de la pêche pourraient être : l'augmentation des espèces qui tolèrent l'eau chaude et des niveaux d'oxygène inférieurs, le recrutement d'espèces qui se développent dans l'eau chaude pourrait être nettement meilleur, tandis que l'inverse est susceptible de se produire avec des espèces qui se développent dans l'eau froide comme la crevette. De plus, l'introduction de nouveaux organismes qui transmettent des maladies ou d'espèces exotiques ou indésirables pourrait avoir lieu en raison de l'augmentation des températures de l'eau.

828. Il pourrait y avoir un impact positif des changements climatiques dans le domaine de l'aquaculture. Les espèces, mieux adaptées à des températures d'eau supérieures comme la dorade royale, du fait de l'augmentation en hiver, pourraient avoir de meilleures conditions pour grandir et se développer. Le réchauffement climatique aura ainsi probablement un impact positif sur la reproduction du thon, en tant que produit économique le plus important du secteur de la pêche.

829. Le régime hydrographique du nord de l'Adriatique influence, pendant certaines saisons, les caractéristiques hydrographiques, chimiques et biologiques du reste de l'Adriatique, car elles sont fortement influencées par les apports en eau douce de l'ensemble des captures du bassin de drainage du nord. Les modifications liées aux changements climatiques et concernant les précipitations ou le niveau de la fonte des glaces dans cette zone pourrait potentiellement altérer les conditions océanographiques sur l'ensemble de la mer Adriatique. Les changements quant à la quantité des précipitations sur les cours d'eau qui nourrissent les prises et les aires aquifères côtières influenceraient également la disponibilité de ressources et d'apports d'eau douce au milieu marin.

830. Les températures de l'air plus élevées devraient influencer le processus de stratification dans les zones fermées, comme la baie de Kaštela, par exemple. Dans le cas des changements de la température de l'eau, il est attendu que les espèces qui se trouvent actuellement dans des eaux plus chaudes, à des latitudes plus au sud, se déplacent vers le nord et influencent ainsi l'abondance des espèces et la composition des communautés animales et végétales (PNUE, 1992). Des informations plus détaillées sur les éventuels impacts des changements climatiques sur les régions littorales de l'Adriatique sont disponibles dans une étude sur les changements climatiques de la baie de Kaštela et des îles de Cres/Lošinj (PNUE PAM, 1996).

#### *Modifications en haute mer et en eaux profondes*

831. La pêche pélagique en Adriatique est principalement concentrée dans la moitié nord de la région et les cibles sont des espèces pélagiques grandes ou petites, par exemple l'anchois et la sardine. Les cartes des impacts cumulés indiquent que la partie nord centrale de la mer Adriatique est une zone de haute pression pour les pêches démersales et pélagiques, utilisant des méthodes destructrices et non-destructrices et donnant souvent lieu à des prises accessoires.

832. La conséquence la plus négative des activités de pêche est la dégradation des écosystèmes marins par le retrait d'espèces ciblées ou non-ciblées et par les perturbations physiques infligées par certains matériels de pêche. Les Habitats essentiels des poissons (HEP) sont les habitats nécessaires à l'alimentation, au refuge ou à la reproduction des espèces ; et les Habitats sensibles (HS) sont les aires présentant des espèces endémiques, une grande biodiversité ou productivité et vulnérables aux pratiques de la pêche. La dégradation des écosystèmes par la pêche affecte indirectement les espèces commerciales si l'habitat n'est plus adapté à ces espèces. Dans ce contexte, il est nécessaire de réglementer les activités de pêche pour réduire la dégradation de l'écosystème par la création d'une Approche écosystémique de la pêche (AEP) qui prend en compte non seulement la protection des espèces ciblées, mais aussi l'écosystème dans son ensemble. Dans le cadre de l'AEP, l'approche préventive examine les mesures les plus restrictives pour la gestion de la pêche (dont la création de zones fermées à la pêche ou de Aires marines protégées) par rapport au manque général de connaissances sur le fonctionnement de nombreux écosystèmes qui entretiennent les ressources halieutiques.

#### **5.6 Conclusions et analyse des lacunes concernant les pressions et impacts**

833. Le surenrichissement nutritif conduisant à l'eutrophisation, à des événements de mucilage et à des occurrences d'efflorescences d'algues nuisibles sont des points de pression clés dans certaines zones de cette sous-région. La pêche augmente et peut exacerber les déséquilibres causés par le surenrichissement nutritif. L'eutrophisation a également un impact sur la production de la pêche et peut provoquer des problèmes de santé pour l'Homme et des impacts sur les revenus touristiques lorsque les plages de baignade sont fermées. Les espèces invasives et les impacts des changements climatiques sont également des préoccupations majeures pour la sous-région.

834. Le golfe de Trieste est connu pour avoir fréquemment des efflorescences d'algues et des événements d'hypoxie. La première efflorescence a été décrite en 1954 depuis une zone côtière proche du delta du Pô et était due à des organismes d'algues typiques des eaux transitionnelles (*Chromulina rosanofii* et *Oscillatoria tenuis*). La surveillance indique que de tels événements sont fréquents dans

cette zone (Danovaro, 2003). Les zones les plus touchées sont le sud du Pô et les lagunes dans la partie nord de l'Adriatique (Giovannardi et Vollenweider, 2004). L'une de ces lagunes est la lagune de Venise qui est un système lagunaire eutrophe recevant les charges nutritives urbaines, industrielles et agricoles. Cette charge nutritive a radicalement changé certaines parties de l'écosystème d'origine avec une amélioration de la croissance des algues et la prolifération de zones anoxiques.

835. Le littoral nord-ouest de l'Adriatique est la zone la plus communément et la plus sévèrement touchée par les événements d'anoxie périodique et les efflorescences fréquentes d'algues, les invasions de méduses et les mucilages.

836. La baie de Kaštela dans le centre de la mer Adriatique est une zone anciennement menacée qui montre des signes d'amélioration depuis ces dernières années. Des études ont été entreprises afin de mieux connaître le phénomène de marée rouge fréquemment enregistré dans les eaux littorales de la mer Adriatique (Marašović, 1990). Les observations à long terme dans les aires les plus menacées avaient pour but de déterminer les circonstances précédant le phénomène de marée rouge et les espèces qui le provoquaient. Les résultats ont montré un très haut niveau d'activité biologique dû à une eutrophisation accrue de la baie de Kaštela. En été, en raison de la faible circulation verticale et horizontale dans certaines parties de la surface de l'eau, la stratification se fait avec des couches présentant des caractéristiques différentes du reste de la baie. Ces phénomènes semblent être responsables de la concentration d'algues, favorisant la croissance d'efflorescences monospécifiques de ces organismes indiquant certains avantages concurrentiels en lien avec le reste (*Gonyaulax polyedra*, *Olithodiscus luteus*). En plus de toute une gamme d'autres avantages concurrentiels, comme la photoadaptation, les kystes fixes, les kystes temporaires et la production de certains métabolites qui leur permettent d'exclure d'autres organismes de leur environnement, ces organismes flagellés sont très mobiles. Ces efflorescences de phytoplancton intensives peuvent conduire à l'autodestruction. L'anoxie qui en résulte provoque la mortalité en masse d'autres organismes marins.

837. Un examen approfondi de ces résultats mène à la conclusion que ces régions où sont constamment déchargées les eaux usées ont des quantités suffisantes de micro- et macronutriments pour non pas provoquer mais, au contraire, permettre et soutenir les efflorescences excessives de phytoplancton. Dans la baie de Kaštela, la température de l'eau, qui dépasse 22 °C, a déclenché le développement excessif de certaines populations, notamment de celles avec des organismes (dinoflagellés) affichant des avantages concurrentiels par rapport à d'autres organismes développant ainsi des efflorescences monospécifiques. Lorsque ces efflorescences s'effondrent, la consommation d'oxygène a lieu provoquant des états anoxiques ou quasi-anoxiques. Cependant, les conditions se sont améliorées là et dans d'autres régions de l'Adriatique au cours des dernières années. Une diminution rapide de la biomasse du phytoplancton a été enregistrée depuis 1998 (Ninčević Gladan *et al.*, 2009).

838. Certaines régions de l'Adriatique centrale ont atteint un niveau tellement élevé d'eutrophisation qu'elles peuvent être qualifiées d'hypertrophiques. Afin de réhabiliter ces régions, il est primordial de réduire le rejet des eaux usées. Cependant, comme de grandes quantités de micro- et de macronutriments sont déposées dans les sédiments, ces régions continueront à afficher un niveau élevé d'eutrophisation pendant une longue période. Les résultats obtenus à partir de ces études, associés aux résultats d'investigations physiques, chimiques et dynamiques, devraient permettre une évaluation plus précise des capacités d'absorption du bassin, c'est-à-dire d'estimer les quantités d'eaux usées qui peuvent être rejetées sans que cela ne provoque de perturbation significative de l'équilibre écologique (Marašović, 1990).

839. L'évaluation des concentrations nutritives et les données sur la chlorophylle, basées sur les données Eionet (2005), indiquent de façon cohérente que les plus grands problèmes liés à l'eutrophisation sont observés dans la partie nord-ouest de la mer Adriatique, du fait des apports nutritifs du Pô. L'analyse des tendances montre que les concentrations estivales de chlorophylle a augmentent dans 8 % des stations italiennes, diminuent dans 5 % des stations et aucune tendance statistiquement significative ne peut être déterminée pour les 87 % de stations restantes. En 2005, les plus fortes concentrations d'azote oxydé ont été observées le long du littoral de l'Italie. Dans la partie nord-ouest de l'Adriatique, les concentrations élevées peuvent être attribuées aux apports du Pô. Des concentrations importantes ont également été observées dans des stations individuelles en Croatie. L'analyse des tendances des données provenant d'Italie montre que les concentrations d'azote oxydé augmentent dans 4 % des stations, diminuent dans 1 % des stations et aucune tendance statistiquement significative ne peut être déterminée pour les 95 % de stations restantes.

840. En 2005, les plus fortes concentrations d'orthophosphate ont été observées le long du littoral de l'Italie. Dans la partie nord-ouest de l'Adriatique, les concentrations élevées peuvent être attribuées aux apports du Pô. L'analyse des tendances montre que, tandis que les concentrations d'orthophosphate diminuent dans 6 % des stations italiennes, elles augmentent dans 5 % des stations et aucune tendance statistiquement significative ne peut être déterminée pour les 89 % de stations italiennes restantes.

841. Dans les eaux douces et littorales, les sources ponctuelles de pollution qui représentent la plus grande préoccupation sanitaire sont celles liées aux rejets d'eaux usées domestiques. Les apports diffus et les agrégats de prises de ces sources de pollution sont plus difficiles à prédire. Les risques pour la santé humaine sont liés à la qualité des eaux pour les loisirs et les infections associées aux coquillages.

842. Entre 1996 et 2005, le pourcentage des eaux de baignade conformes aux normes nationales a quasiment stagné (de 92,3 à 92,8 %) avec quelques variations. La qualité de ces aires surveillées a augmenté de façon continue jusqu'en 2003 et la qualité s'est ensuite légèrement détériorée en 2004. Une légère amélioration a été constatée entre 2004 et 2005 (Figure 5.12). Il est à noter que les données font uniquement référence aux eaux surveillées de façon officielle et qu'il peut exister un nombre de zones de baignade utilisées pour les loisirs qui ne sont pas surveillées.

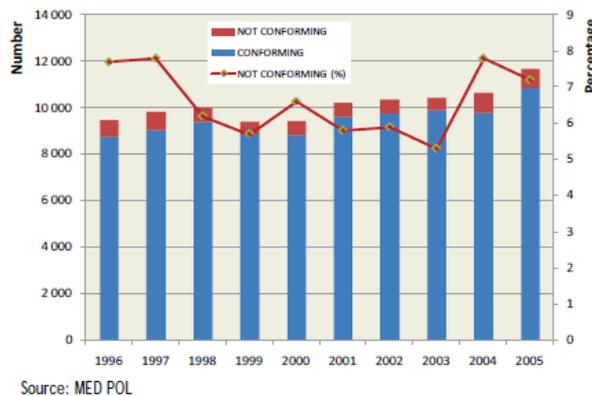


Figure 5.12 : Nombre et pourcentage des zones d'eau de baignade conformes et non conformes à la législation nationale par an, de 1996 à 2005 (PNUE/PAM — Blue Plan, 2009).

843. La tendance positive pour l'eau de baignade est également constatée dans le nombre de points d'échantillonnage, où les échantillons ont été prélevés pour analyse. En fait, suite à une légère diminution en 1999-2000, le nombre de points de prélèvement est passé de 9 500 à 11 600 points d'échantillonnage par an. Les résultats confirment que, chaque année, de plus en plus de pays présentent un nombre croissant de points de prélèvements impliqués dans des programmes de surveillance.

844. La pêche, en particulier la surpêche de certaines espèces (poissons, éponges et coraux), ainsi que les prises accessoires, est une préoccupation dans certaines régions de l'Adriatique, notamment dans les parties nord de l'Adriatique centrale. Ces effets ont des implications pour certaines espèces, ainsi que pour les chaînes alimentaires et la qualité environnementale de cette mer semi-fermée. La combinaison de l'eutrophisation induite de façon anthropogénique et les déséquilibres de la chaîne alimentaire provoqués par l'exploitation de la pêche restent, en particulier, une priorité pour les futures investigations.

## CHAPITRE 6 : SOUS RÉGION DE LA MÉDITERRANÉE ORIENTALE

### 6.1 Introduction

845. La mer Méditerranée orientale constitue le dernier vestige du bassin océanique mésozoïque-cénozoïque de Téthys qui est maintenant presque totalement consumé du fait de la convergence à long terme des plaques entre l'Eurasie et l'Afrique. La morphologie du plancher méditerranéen oriental concerne à la fois l'histoire des débuts de la formation des bassins profonds et les récentes interactions géodynamiques entre les microplaques interférentes.

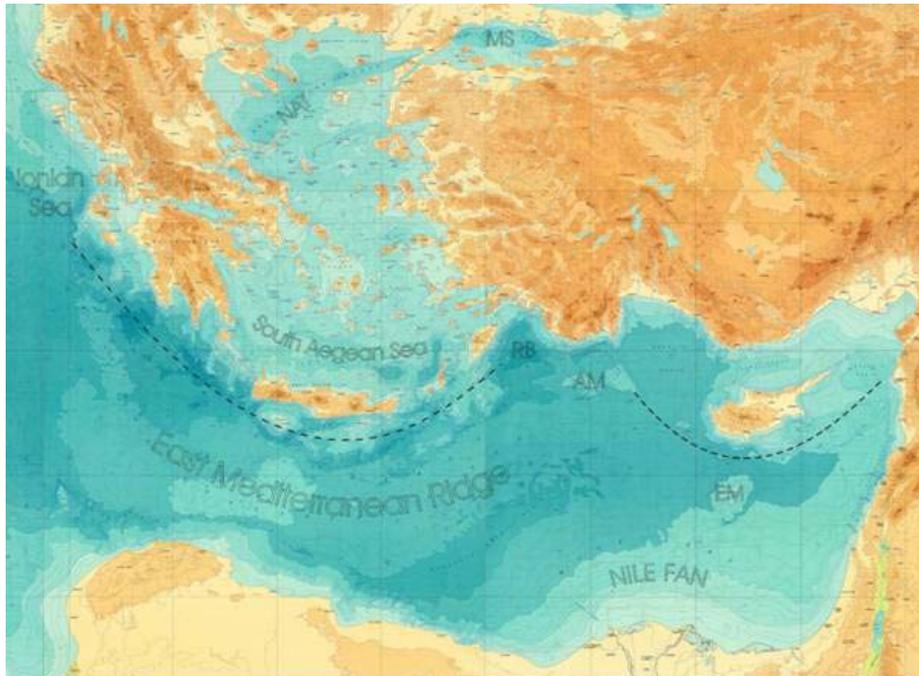


Figure 6.1 : Morphologie du bassin égéen-levantin

846. Les pays qui bordent cette sous-région sont la Libye, l'Égypte, l'Israël, le Liban, la Syrie, Chypre, la Turquie et la Grèce.

### 6.2 Caractéristiques physiques et chimiques

#### 6.2.1 Topographie, bathymétrie et nature des fonds marins

847. Du sud-ouest du Péloponnèse au sud de la Crète et de Rhodes, cette sous-région est caractérisée par un prisme accrétaire/coin sédimentaire de 1 500 km de long et 200 à 250 km de large, en forme d'arc connu comme la crête méditerranéenne orientale (Heezen et Ewing, 1963 ; Emery *et al.*, 1966). Elle résulte de la convergence relativement rapide entre les continents eurasiens et africains, la subduction subséquente de la croûte océanique le long de l'Arc hellénique sous la microplaque égéenne prédominante et la déformation de sa couverture sédimentaire, qui est responsable du relief pavé de la crête (Le Pichon *et al.*, 1995 ; Dewey et Sengoer, 1979 ; Kreemer et Chamot-Rooke, 2004 ; McClusky *et al.*, 2000 ; Reillinger *et al.*, 1997). Des hydrates de gaz apparaîtraient également.

848. Les fosses profondes au nord de la crête méditerranéenne, connue comme étant l'Arc hellénique et le système de fosses, représentent l'expression morphologique des aires de défaut de transpression, comme les fosses d'Hérodote et de Matapan à l'ouest et les fosses de Strabon et Plinie à l'est. Une profondeur maximale de 5 100 m a été observée dans la profondeur d'Oinousses, au sud-ouest du Péloponnèse. De nombreux canyons et vallées profondes proviennent du plateau au large de la Grèce et des îles ioniennes et égéennes sud. La topographie du plancher océanique des détroits crétois ouest et est présente un intérêt particulier. Ceux-ci sont caractérisés par une morphologie

complexe avec un canyon étroit passant entre des crêtes en pente raide. L'Arc hellénique se termine à l'est par le bassin de Rhodes, un bassin relativement jeune, de 4 000 à 4 500 m de profondeur à l'est de l'île de Rhodes, caractérisé par une fine couche sédimentaire.

849. Adjacentes au côté est du bassin profond de Rhodes, les montagnes d'Anaximander s'élèvent à une profondeur minimum d'environ 1 500 m. Elles représentent un bloc continental, séparé tectoniquement de l'Anatolie et composé de roches alpines (Woodside *et al.*, 1997, 1998). Les montagnes d'Anaximander sont le seul site en Méditerranée où des hydrates de gaz ont été prélevés (Lykousis *et al.*, 2004). Leur formation est liée à l'activité des résurgences de boue qui a lieu sur les parties peu profondes des montagnes.

850. Une seconde caractéristique en forme d'arc, l'Arc de Chypre, commence aux montagnes d'Anaximander et comprend le seuil de Florence, la rive de Chypre, les crêtes de Larnaka et du Taurus ouest, pour finalement tendre vers la côte levantine au large de la Syrie. Le mont sous-marin d'Ératosthène, situé au sud de l'Arc de Chypre, est une caractéristique morphologique frappante du fond marin levantin. Il a été interprété comme un bloc continental de la plaque africaine, qui est sous-charriée sous l'Arc de Chypre.

851. Le cône du Nil couvre la rive passive égyptienne sur plus de 100 000 km<sup>2</sup>, qui correspond à un coin sédimentaire assez épais, résultant d'apports terrigènes successifs amenés par le fleuve du Nil depuis au moins 5 millions d'années (Dolson, Boucher et Shann, 2000 ; Salem, 1976). Les mouvements de masse étendus et les phénomènes généralisés d'infiltration de froid (résurgences de boue, pockmarks, etc.) caractérisent particulièrement le secteur ouest plus profond du cône (Loncke *et al.*, 2004).

## **6.2.2 Salinité, température ; courants ; transport de sédiments**

### *Régime de température*

852. La Méditerranée est composée de deux sous-bassins principaux en interaction, la Méditerranée occidentale et la Méditerranée orientale, reliés par le détroit de Sicile avec une profondeur de seuil d'environ 1 000 m. Les sous-bassins ionien, levantin, adriatique et égéen se trouvent dans la partie orientale, qui communique avec la mer Noire par le détroit d'Istanbul, le détroit de Çanakkale et la mer de Marmara. Sur les échelles présentant les plus grands intérêts, c'est-à-dire à l'échelle interannuelle et l'échelle du bassin, la circulation de la Méditerranée est déterminée par ses échanges d'eau et de chaleur avec l'atmosphère par la surface de la mer et d'eau et de sel avec les mers adjacentes via les détroits. La circulation thermohaline de la Méditerranée, qui reflète le mouvement à grande échelle, est forcée par les échanges de flottabilité et est menée par ses comptes négatifs en chaleur et en eau douce (Theoharis, 2008) et la force d'entraînement du vent.

853. Un gradient général nord-sud dans le flux thermique net est évident, allant d'une perte de chaleur nette dans la partie nord du bassin à une augmentation dans la moitié sud (Figure 6.2). Le gradient reflète principalement une diminution du flux d'ondes courtes avec une latitude croissante et un vent fort entraînant une perte de chaleur latente dans la mer Égée. En hiver, la perte de chaleur est le facteur principal contribuant à la formation des eaux profondes. On sait que des variations interannuelles significatives de la perte de chaleur surviennent en hiver, l'exemple parfait étant les hivers rigoureux du début des années 1990 liés à la transition de la Méditerranée orientale (Theocharis *et al.*, 1999 ; Josey, 2003).

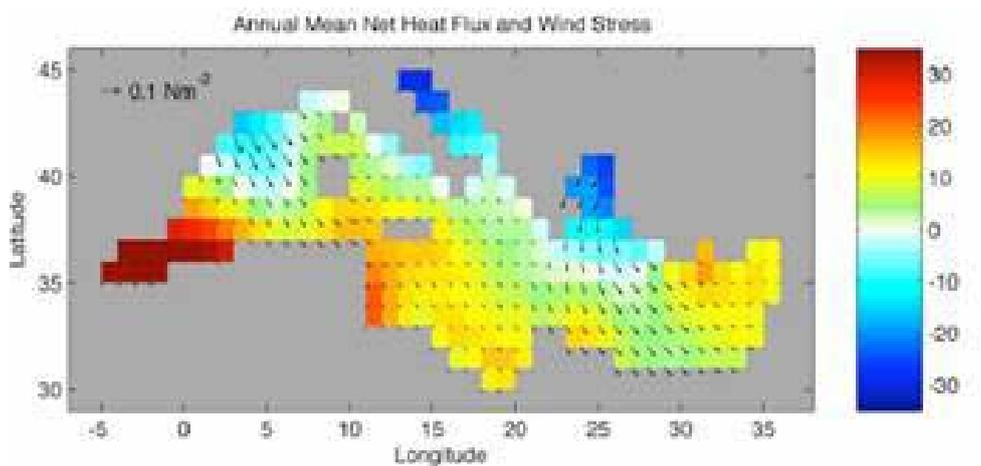


Figure 6.2 : Champs climatologiques annuels moyens basés sur la climatologie du SOC pour le flux thermique net et la force du vent. Flux de chaleur climatologique net annuel moyen (couleurs W/m<sup>2</sup>) et force du vent (flèches) (Josey *et al.*, 1999)

854. La Figure 6.3 présente des cartes dérivées par satellite décrivant la variabilité moyenne spatiale de la température et de la salinité.

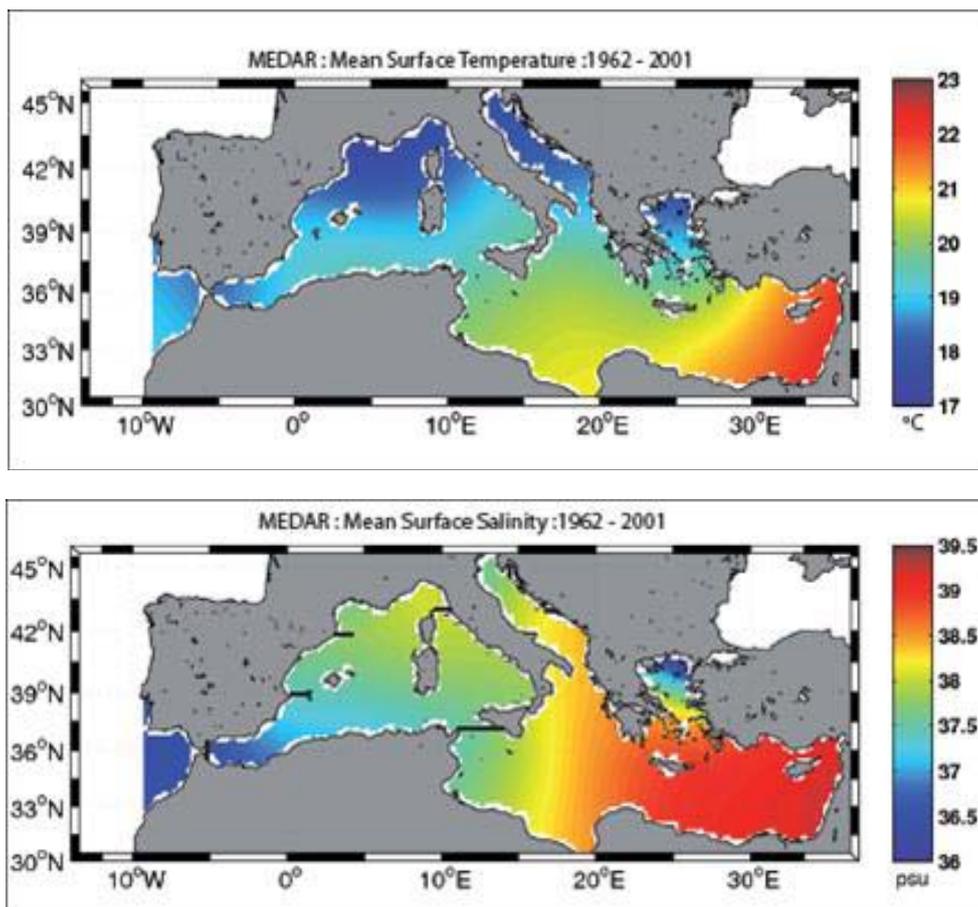


Figure 6.3 : MEDAR Température (en haut) et salinité (en bas) moyennes en surface 1962-2001, (source : réimprimé à partir de Vidal-Vijande (2008))

855. La circulation générale se compose d'un certain nombre de tourbillons et de jets à l'échelle du sous-bassin interconnectés et entrelacés par des jets et filaments de courant. Il existe une variation dans la forme, la position et la force des tourbillons permanents ; le schéma du méandre, la structure de la bifurcation et la force des courants permanents ; et l'occurrence des jets et tourbillons transitoires et apériodiques (Robinson *et al.*, 1991). La variabilité des flux inhérents saisonnière et interannuelle affecte les régions côtières et influe fortement sur la dynamique locale des courants (AEE, 1999).

856. Schématiquement, la Méditerranée peut être considérée comme comprenant trois masses d'eau principales étant toutes d'une importance majeure dans le sous-bassin méditerranéen oriental (Figure 6.4) :

- l'eau atlantique, qui se trouve dans la couche de surface, avec une épaisseur de 150 à 200 m et caractérisée par une salinité de 36,2 psu près de Gibraltar à 38,6 psu dans le bassin Levantin ;
- l'eau levantine intermédiaire (le plan d'eau principal de la Méditerranée) formée dans le bassin Levantin, de l'eau de surface levantine se trouvant à une profondeur comprise entre 200 et 500 m et caractérisée par des températures de 13 à 15,5°C et une salinité de 38,4 à 39,1 psu ;
- l'eau méditerranéenne profonde formée dans les bassins occidental et oriental ; l'eau méditerranéenne orientale profonde est caractérisée par une température de 13,6°C et une salinité de 38,7 psu.

857. Le bassin Levantin nord-ouest est la principale source d'eau levantine intermédiaire, tandis que la mer Adriatique est le site de base de l'eau méditerranéenne orientale profonde. L'eau levantine intermédiaire est considérée comme la composante la plus importante de la circulation et de la dynamique à grande échelle, car elle se répand dans la majeure partie du bassin et affecte la stratification de fond dans les principales autres aires de formation des eaux profondes (adriatique et égéenne). Elle est également le principal constituant (80 %) de l'eau méditerranéenne à forte salinité qui est exportée vers l'océan Atlantique (Lascaratós *et al.*, 1999).

858. Une autre boucle relie la Méditerranée à la mer Noire. Dans ce cas, la mer Égée agit comme une machine intermédiaire qui modifie l'eau levantine intermédiaire reçue et l'exporte vers la mer Noire via la mer de Marmara.

859. Les jets sous-régionaux et les systèmes de courant locaux ont également été identifiés : le jet méditerranéen central qui est une intensification du courant atlantico-ionien dans le bassin Levantin ; les tourbillons de Rhodes et d'Ierapetra ; et les tourbillons de Mersa-Matruh et Shikmona (Figure 6.4).

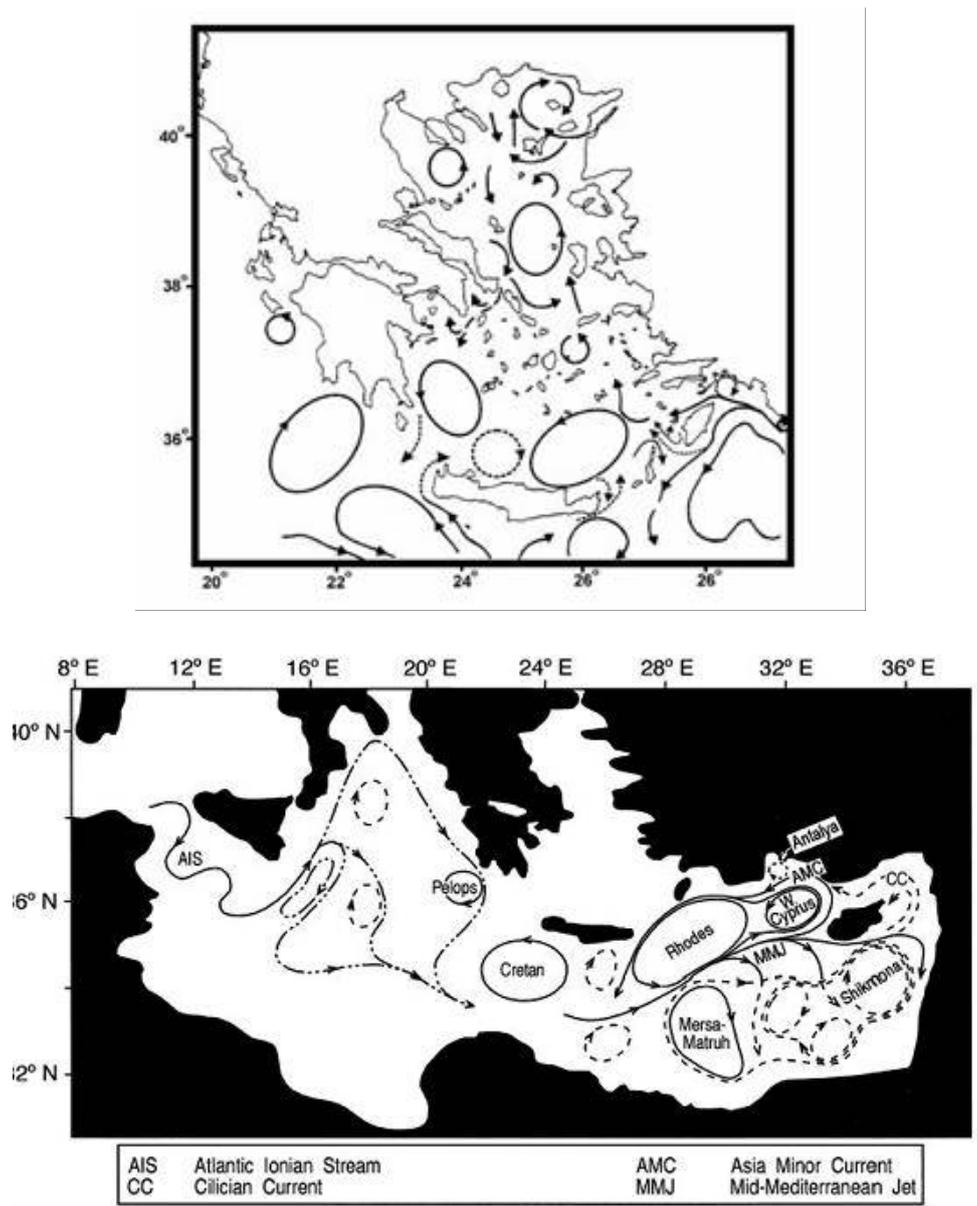


Figure 6.4 : Schéma de la circulation générale supérieure en Méditerranée orientale (Lykousis *et al.*, 2002 (en haut) ; Malanotte-Rizzoli *et al.*, 1997 (en bas))

### Salinité

860. Bien que l'afflux d'eau de la mer Noire vers la Méditerranée soit plus petit d'environ 2 ordres de grandeur que celui d'eau atlantique, la grande différence de salinité entre la mer Noire et la Méditerranée d'environ 18 psu rend le rôle de sortie de la mer Noire significatif au moins pour la mer Égée. Cette eau affluant de la mer Noire occupe les couches de surface dans la mer Égée du nord où elle est supposée avoir une fonction de contrôle sur la stabilité et le mélange verticaux (Zervakis *et al.*, 2004).

861. Les variations de sortie d'eau de la mer Noire peuvent affecter la circulation thermohaline dans le nord de la mer Égée ; des réductions d'environ 100 km<sup>3</sup>/an sont tout à fait plausibles, ce qui équivaut à des modifications d'évaporation de 0,2 m<sup>3</sup>/an pour la mer Égée (Stanev et Peneva, 2002). En revanche, une augmentation du transport de l'eau de la mer Noire vers la Méditerranée pourrait bloquer ou du moins faire diminuer les taux de formation des eaux profondes ayant lieu dans le nord de la mer Égée (Zervakis *et al.*, 2004).

862. Ce n'est que récemment que le rôle de la mer Égée comme aire de formation des eaux profondes a été démontré de façon concluante (Roether *et al.*, 1996). Fin des années 1980, début des années 1990, de brusques modifications consécutives significatives, une augmentation de la salinité (1987-1992) et une baisse de la température (1992-1994) ont provoqué une augmentation continue de la densité et de la formation massive des eaux profondes en 1999, altérant la circulation thermohaline de la Méditerranée orientale (Robinson *et al.*, 2001 ; Roether *et al.*, 1996) avec des conséquences également pour la répartition d'autres paramètres environnementaux (Klein *et al.*, 1999). Cet événement majeur, unique dans l'océanographie de la Méditerranée depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle, a évolué au cours des 18 dernières années et a été appelé EMT (Eastern Mediterranean Transient : transition méditerranéenne orientale). Le moteur du convoyeur était, jusqu'en 1987, la cellule connective de l'Adriatique sud, tandis qu'au début des années 1990, la région de convection active est passée à la mer Égée. La mer Égée est devenue une nouvelle source plus efficace que l'Adriatique, car elle produisait non seulement de l'eau plus dense, à savoir l'eau profonde crétoise, mais aussi dans de plus grands volumes (Theocharis *et al.*, 1999).

863. Il est à noter que les informations paléocéanographiques ont certifié la grande sensibilité de la mer Égée à la variabilité climatique. De plus, pendant la période de l'EMT, une nouvelle eau intermédiaire a été générée dans la mer crétoise, à savoir l'eau intermédiaire crétoise, qui a remplacé l'eau intermédiaire levantine dans la région occidentale de la Méditerranée orientale (mer Ionienne). Cette eau salée a alimenté l'Adriatique pendant les années suivantes, soutenant la réactivation de la précédente dominance à long terme de l'Adriatique (Theocharis, 2008). En conclusion, la Méditerranée n'est pas dans un état stable et peut être très sensible aux variations des forces atmosphériques (Tsimplis *et al.*, 2006).

864. Les cours d'eau sont d'importantes sources d'eau douce et de nutriments pour la Méditerranée (Ludwig *et al.*, 2009). Les apports d'eau douce seuls peuvent influencer les écosystèmes marins fonctionnant par leur contrôle sur la circulation générale de l'eau dans la mer Méditerranée (par exemple Skliris *et al.*, 2007). Dans la Méditerranée orientale, une tendance à la baisse a été établie pour la mer Égée et la mer Levantine sud ; pour la mer Levantine nord, aucune tendance significative n'a pu être déterminée. Les réductions de déversements étaient fréquentes dans les cours d'eau de la Méditerranée orientale, lorsque les enregistrements se sont étendus ces dernières années plutôt que de s'arrêter dans les années 80. Skoulidikis et Gritzalis (1998) sont tombés d'accord sur le fait que de nombreuses rivières grecques avaient diminué jusqu'à la moitié de leur déversement initial.

865. Selon Ludwig *et al.* (2009), la répartition des enregistrements de déversement rend difficile l'extrapolation des modifications détectées à des échelles plus grandes aux niveaux spatial et temporel, à moins que les enregistrements ne soient comparés à l'évolution générale du climat. Les résultats des analyses de tendance sur les paramètres hydroclimatiques en Méditerranée orientale ont révélé une diminution des précipitations avec des réductions dans la mer Égée (-13 %) et la mer Levantine sud (-10 %) suivant la tendance des précipitations générale en Méditerranée. D'autre part, les bassins de drainage des mers Égée et Levantine nord ont connu une baisse de la température, contrairement aux températures en forte augmentation dans l'ensemble du bassin.

#### *Sédiments et transport de sédiments*

866. Les sédiments du bassin méditerranéen oriental sont vaseux et présentent une forte teneur en carbone en raison des particules biogènes provenant de la production phytoplanctonique du système. Des modifications de la ventilation des eaux profondes, sur des échelles de temps plus longues, sont observées dans le compte-rendu sédimentaire de la Méditerranée orientale par la présence de sapropèles. Ces couches sombres riches en matières organiques se retrouvent partout dans la Méditerranée orientale.

867. Les mécanismes précis menant à cette accumulation inhabituelle de matières organiques en Méditerranée font toujours l'objet de débats (Anagnostou comm. pers.). Leur formation est liée à un ralentissement de la ventilation des eaux profondes attribué, dans la plupart des cas, à des conditions climatiques plus humides. Pour la formation de sapropèle, la théorie de la stagnation/anoxie a été avancée. Celle-ci suggère que, lors de périodes d'apport excessif d'eau douce en Méditerranée, la colonne d'eau se stratifie fortement, empêchant alors le mélange vertical et l'apport en oxygène aux eaux du fond. Cette procédure a contribué à la préservation d'un plus grand pourcentage du carbone organique totale (COT) et à la formation de sapropèle avec > 2 à 5 % de carbone organique total. La

formation de sapropèle semble être associée aux augmentations de la productivité des exportations et à l'augmentation du flux de matières organiques.

868. La mer Égée, dont les fonds marins ont une morphologie très compliquée, est décrite en détail avec un accent mis sur les zones côtières à partir des études de Karageorgis *et al.*, 2005 et Sakellariou *et al.*, 2005.

869. Dans le nord de l'Égée, le sable et le limon sont les principaux constituants des sédiments, avec une quantité mineure d'argile et, par conséquent, ces sédiments sont classés comme sables, sables vaseux, vases et limons. Le sable est la fraction de sédiment dominante dans le plateau continental et sur la pente supérieure du nord de la mer Égée. Les sédiments du nord de la mer Égée sont généralement caractérisés par une faible teneur en carbone (< 20 %). Dans le plateau continental (profondeur de l'eau < 130 m) et la zone de pente supérieure (profondeur de l'eau de 130 à 300 m), la teneur en carbone est généralement < 20 %, cependant, certaines valeurs élevées apparaissent autour des îles de la région. Dans les régions côtières et les golfes semi-fermés, les sédiments sont généralement du sable vaseux et de la vase. La teneur en carbone varie de valeurs < 40 % à des valeurs pouvant atteindre 70 %.

870. Dans le sud de la mer Égée, les sédiments recueillis dans la partie sud des îles des Cyclades, la partie nord de la mer crétoise et une partie du secteur nord au large de l'île de Kriti sont principalement composées de sable et de limon et présentent une teneur mineure en argile. Ils sont classés principalement comme vases sableuses et sables vaseux. Les sédiments autour des îles sont caractérisés par une forte teneur en sable (> 80 %) avec le composé volcanoclastique prédominant autour de Milos et Santorini et le composé biogène dans le reste de la zone. En se dirigeant vers le large, la teneur en sable diminue. La teneur en argile va jusqu'à 70 %, les valeurs les plus élevées sont observées principalement dans la mer crétoise. La teneur en argile monte également jusqu'à 60 %. La teneur en carbone affiche des valeurs élevées (60 à 80 %) dans les aires où le composé biogène prédomine dans la fraction de sable.

### **6.2.3 Répartition spatiale et temporelle des nutriments, de l'oxygène dissous et du pH**

871. La mer Méditerranée est oligotrophe et, par conséquent, les concentrations de chlorophylle et de nutriments sont plus faibles que dans les autres mers de la région. La Méditerranée orientale est un milieu extrêmement oligotrophe (Krom *et al.*, 2003). Le statut ultra-oligotrophe se reflète dans la clarté exceptionnelle de l'eau, les faibles concentrations de nutriments, les valeurs extrêmement faibles pour toutes les variables liées au phytoplancton, dont la chlorophylle a, la production primaire et la dominance de l'abondance de cellules de phytoplancton de petite taille et l'abondance et la production de bactéries remarquablement faibles (Psarra *et al.*, 2005 et références ci-incluses) ; cette extrême « pauvreté » a également été vérifiée par images satellite des chlorophylles en surface et de la production primaire dérivée (Bosc *et al.*, 2004).

872. Il a été démontré que la productivité primaire en Méditerranée orientale (et en particulier dans le bassin Levantin) était limitée en phosphore (Krom *et al.*, 1991) ou co-limitée comme vérifié récemment (Krom *et al.*, 2005 ; Law *et al.*, 2005 ; Psarra *et al.*, 2005 ; Pitta *et al.*, 2005 ; Zohary *et al.*, 2005). Des clichés satellite et cartes des moyennes (saisonniers et/ou pluriannuelles) sont disponibles et peuvent être utilisées pour surveiller les efflorescences d'algues et la production primaire sur le long terme afin de détecter des modifications de l'équilibre biogéochimique et de participer à la surveillance de l'apparition et des impacts de l'eutrophisation (Figure 6.5). Cependant, il n'existe aucune série à long terme de données d'exploitation pour obtenir une tendance de l'enrichissement nutritif et de l'eutrophisation.

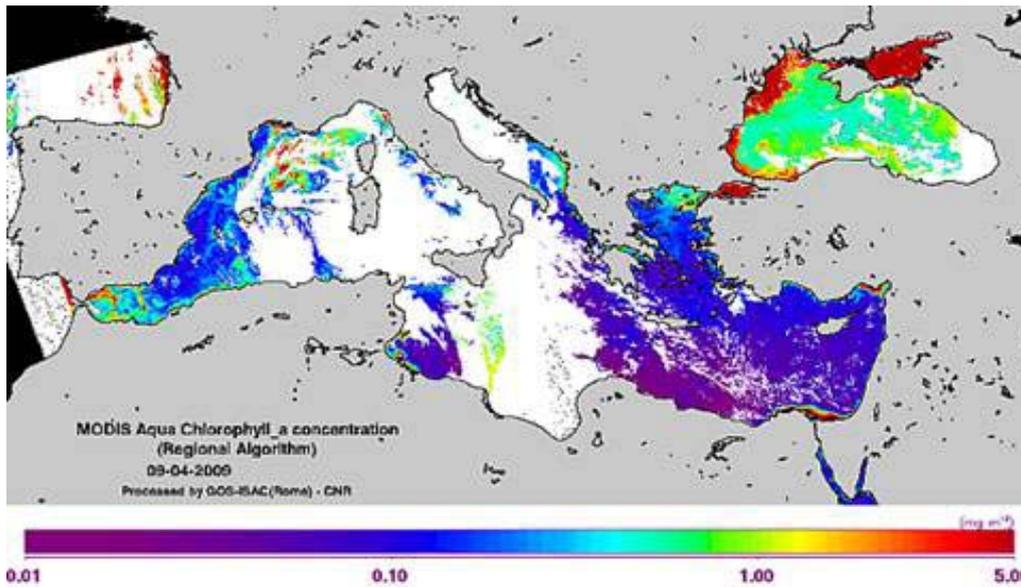


Figure 6.5 : MODIS Concentration de chlorophylle a dans l'eau (algorithmme régional), 9/4/2009  
(source : Système Poséidon du HCMR)

873. Les tendances générales spatiales et temporelles d'efflorescences d'algues et de production primaire peuvent être résumées par les principales découvertes de Bosc *et al.* (2004) lors de l'analyse des données SeaWiFS. Toutes les sous-régions du bassin sont caractérisées par de faibles concentrations de chl-a tout au long de l'année (par exemple 0,03 à 0,3 mg/m<sup>3</sup> pour les moyennes spatiales), les plus faibles concentrations étant observées dans le bassin Levantin (à l'exception des eaux à la frontière du panache du Nil). Un cycle saisonnier marqué est observé dans les diverses régions, avec une diminution de la biomasse d'algues par un facteur allant jusqu'à 3-4 de l'hiver à l'été (par exemple pour le bassin Levantin, de 0,12 à 0,03 mg/m<sup>3</sup> en moyenne, Bosc *et al.*, 2004) et une grande variation interannuelle (par exemple en 2000-2001, la plus forte diminution a été observée dans la mer Égée (-14 %) et le bassin Levantin nord (-11 %)) comme illustré par l'analyse des images satellite. Des variations saisonnières et interannuelles sont également présentes dans la production primaire où la biomasse de surface dans la plupart des provinces diminue de façon significative de l'hiver à l'été et, par conséquent, la production primaire affiche un maximum faiblement marqué en été.

874. Dans les récentes évaluations de chlorophylle et de nutriments dans les eaux transitionnelles, côtières et marines le long de 27 pays de l'UE (AEE CSI 021 et CSI 023, respectivement, 2009), en 2005, de fortes concentrations d'azote oxydé ont été observées dans des stations isolées de Chypre et de Grèce en Méditerranée orientale ; la Grèce affichait également de fortes concentrations d'orthophosphate. Seule la Grèce a été soumise à des séries assez longues dans le temps pour permettre une analyse des tendances qui montre que les concentrations d'azote oxydé augmentent dans 4 % des stations, diminuent dans 1 % des stations et aucune tendance statistiquement significative ne peut être déterminée pour les 95 % de stations restantes. Aucune tendance statistiquement significative n'a pu être définie pour l'orthophosphate. Concernant la chlorophylle (enquête d'eutrophisation dans les eaux européennes), de fortes concentrations ont été observées dans des stations isolées dans le golfe d'Orfani en Grèce ; cependant les séries n'étaient pas assez longues dans le temps pour pouvoir détecter une tendance statistiquement significative.

875. Les variations de chlorophylle dans les eaux de surface ont, en général, révélé que les plus hauts niveaux correspondaient aux zones près des deltas fluviaux ou celles au large de grandes agglomérations urbaines. Les principales caractéristiques spatiales détectées comprennent le gradient général dans la biomasse d'algues du nord au sud et de l'ouest à l'est du bassin oriental, les « noyaux ultra-oligotrophes » du bassin Levantin sud (correspondant aux tourbillons de Mersa-Matruh et Shikmona), le panache du Nil, le gradient nord-sud dans la biomasse d'algues de la mer Égée, attribué aux effets combinés des apports fluviaux, en hiver au nord, et le signal des nutriments atteint les eaux de la mer Noire. Des points névralgiques peuvent également être identifiés.

#### 6.2.4 Description générale du bassin-versant en lien avec l'analyse

876. La Figure 6.6 indique les bassins-versants pour la sous-région méditerranéenne orientale en orange. L'étendue de la zone du bassin-versant a été déterminée pour ce rapport d'évaluation initial.



Figure 6.6 : Bassins-versants de la sous-région méditerranéenne orientale

### 6.3 Caractéristiques biologiques

#### 6.3.1 Description des communautés biologiques de colonne d'eau

877. Cette sous-région compte moins de la moitié de la diversité des espèces méditerranéennes connues avec 43 % des espèces répertoriées présentes en Méditerranée orientale. Cependant, il est à noter que cette sous-région est probablement la moins bien étudiée, en particulier les zones au large. Le niveau inférieur de biodiversité, du moins en ce qui concerne la diversité des espèces, reflète une tendance générale de réduction de la biodiversité de l'ouest à l'est, étant donné que les conditions du bassin Levantin ne sont pas propices à la prospérité du contingent atlantique, car elles sont biaisées par un effet d'écoulement. Précédemment, les efflorescences du Nil affectaient profondément la biologie de cette partie de la Méditerranée. Cependant, après la construction du barrage d'Assouan, dans les années 1970, le relèvement du Nil sur la Méditerranée a été fortement réduit.

878. Le biote marin de la région égyptienne est généralement caractérisé par une forte diversité et une faible biomasse. La communauté riche de phytoplancton est principalement composée de diatomées (409 espèces), de dinoflagellés (247 espèces) et, dans une moindre mesure, de chlorophytes et de cyanophytes. 184 espèces de zooplancton ont été enregistrées dans les eaux égyptiennes.

879. La diversité du phytoplancton est élevée dans la sous-région. Les températures moyennes élevées qui dominent en Méditerranée orientale, en particulier dans le bassin Levantin, confèrent à cette région un caractère tropical en ce qui concerne le biote planctonique : plusieurs espèces de dinoflagellés, comme *Pyrocystis noctiluca*, *Ceratium carriense*, *C. trichoceros* et *C. massiliense*, qui sont les espèces les plus communes et les plus répandues dans l'océan Indien, et de même, concernant les diatomées, le complexe *Chaetoceros-Rhizosolenia* domine le bassin Levantin (Kimor, 1972). Malgré la faible productivité biologique, la flore de diatomées et dinoflagellés est caractérisée par une richesse d'espèces, généralement caractéristiques des mers tropicales et subtropicales : selon Halim (1965), environ 50 % des espèces de dinoflagellés thécates du monde sont représentées

dans le plancton du sud-est de la Méditerranée. Une autre caractéristique est la présence d'un nombre croissant d'espèces d'origine indo-pacifique qui sont entrées au fil des années par le canal de Suez et ont établi des populations dans le bassin Levantin.

880. L'une des caractéristiques les plus frappantes du zooplancton de la Méditerranée orientale est la faune chætogathe. Ce fut l'un des premiers groupes étudiés le long des côtes de la Méditerranée et de la mer Rouge d'Israël (Furnestin, 1953, 1958). Seule une des cinq espèces les plus abondantes dans ces mers, *Sagitta enflata*, est commune aux deux. La principale espèce levantine néritique, *Sagitta friderici*, est inconnue du golfe d'Eilat.

881. Les éléments néritiques dans la faune copépode incluent *Paracalanus parvus*, *Euterpina acutifrons*, *Acartia clausii* et *Centropages kroyeri*. Au large, et parfois sur le rivage, on enregistre *Temora stylifera*, *Clausocalanus furcatus*, *Acartia negligens* et *Centropages violaceus*. Cette dernière est considérée comme un indicateur des eaux atlantiques (Kimor, 1983). Certaines espèces des eaux profondes du genre *Pleuromamma*, *Lucicutia* et *Euaelidus* ont été enregistrées dans les eaux de surface en hiver (Kimor et Berdugo, 1967 ; Pasternak *et al.*, 1976).

882. La présence d'espèces copépodes d'origine indo-pacifique dans les eaux littorales du bassin Levantin, comme les calanoïdes *Acartia centrura*, *Calanopia media* et *C. elliptica*, est d'un grand intérêt pour la biogéographie changeante de cette région (Berdugo, 1966, 1968, 1974). Les données actuellement à notre disposition indiquent une faune et une flore pélagiques présentant certaines affinités avec la mer Rouge attenante. Les raisons à cela sont probablement doubles : une invasion d'espèces par le canal de Suez, renforcée par le déclin de l'ancienne barrière de sel et la disparition de la barrière d'eau douce suite à la construction du barrage du Nil ; associés à l'hétérogénéité hydrographique de la Méditerranée avec de températures plus élevées dans le Levantin.

### 6.3.2 Informations sur la faune de fond invertébrée, les macroalgues et les angiospermes

883. La méiofaune et d'autres faunes d'invertébrés dans l'est étendu à la sous-région sont bien étudiées et présentent une grande diversité d'espèces. La faune benthique inclut des centaines d'espèces chez les Nématodes, Annélides, Arthropodes, Mollusques, Chaetognathes, Echinodermes, Tuniciers, Cnidaires, Cténaïres et Porifères.

884. Une série d'études biogéographiques récemment publiées montre que la mer Égée est la deuxième zone la plus riche en nombre d'espèces parmi les mers régionales de la Méditerranée et de la mer Rouge. Il est également démontré que les indices de biodiversité (calculés à partir des polychètes) sont supérieurs à ceux attendus et que cette extrême richesse de biodiversité peut être en partie attribuée au nombre et à la surface totale des îles égéennes. Le schéma du nombre et de l'abondance d'espèces est le même dans le nord et le sud de la mer Égée (mer crétoise). De récentes études ont montré une nette différence entre les deux mers. Comme exposé avec d'autres paramètres biologiques, la diversité benthique dans le nord de la mer Égée est toujours plus riche que dans le sud. De récentes investigations ont donné des informations riches et détaillées sur les principaux taxons benthiques.

885. Sur les 589 démosponges méditerranéennes connues jusqu'ici, 200 sont présentes dans la mer Égée. Le pourcentage d'éponges égéennes endémiques est plutôt faible pour la Méditerranée dans son ensemble. La faune d'éponges présente une nette distinction entre les bassins égéens nord et sud, le premier ayant une bien plus grande diversité d'espèces. Concernant les anthozoaires, une étude de la faune anthozoaire hellénique a signalé 90 espèces dans la mer Égée, un nombre représentant au moins 57,5 % de sa biodiversité méditerranéenne totale. La plupart des espèces sont d'origine atlantico-méditerranéenne (65,6 %), suivies d'un pourcentage élevé d'espèces endémiques (17,8 %) et cosmopolites (13,3 %). Ce classement est assez similaire à celui estimé pour la majorité des taxons macrobenthiques dans l'ensemble de la mer Égée. Des représentants de la catégorie Anthozoa apparaissent principalement sur des substrats durs, où les études quantitatives sont très limitées en Grèce. L'actinie endémique *Paranemonia vouliagmenensis* est la seule espèce jusqu'ici à avoir été classifiée comme vulnérable dans les eaux helléniques. Jusqu'à aujourd'hui, aucun grand dôme de *Lophelia-Madrepora* n'a été découvert dans la mer Égée, bien que la présence de cette espèce ait été longtemps vérifiée par certaines colonies brisées, mais vivantes draguées au large de l'île de Thassos. De nombreuses découvertes de débris coralliens et de fonds durs portant des coraux confirment la présence par le passé de récifs de coraux froids dans cette région et suggèrent que des fonds de coraux vivants peuvent être toujours présents dans certaines aires inexplorées jusqu'ici.

886. 132 espèces d'éponges au total sont connues dans les mers Égée et Méditerranée de Turquie : 47 espèces ont été enregistrées dans la baie d'Izmir, dont 18 nouvelles pour la faune turque ; 34 espèces se trouvaient sur l'île de Gökçeada et les possibilités de production ont enregistré 34 espèces d'éponges dans la région. Dans une monographie sur la pêche des éponges, 73 espèces ont été enregistrées, tandis que 13 espèces d'éponges ont été notées sur la rive nord de l'île de Gökçeada. En Turquie, on trouve 131 espèces d'anthozoaires, tandis que 23 espèces hydroïdes sont signalées dans la mer Égée. Les scyphozoaires *Pelagia noctiluca*, *Chrysaora hysoscella*, *Aurelia aurita*, *Rhizostoma pulmo* et *Cotylorhiza tuberculata* sont des espèces natives des côtes égéennes et levantines. Aucune efflorescence de plancton gélatineux n'a été signalée dans la région turque des mers Égée et Méditerranée. Les gorgones, comme *Eunicella singularis* et *E. cavolinii*, sont menacées en raison de la plongée touristique massive dans certaines régions comme Ayvalık, Bodrum et Datça. De même, dans les eaux turques, 42 espèces bryozoaires sont signalées en Méditerranée et 112 espèces en mer Égée, tandis que 570 espèces de polychètes sont enregistrées dans les parties égéenne et méditerranéenne, incluant des espèces exotiques.

887. Au total, 1 160 espèces de mollusques ont été enregistrées jusqu'à présent dans les mers helléniques, tandis qu'une récente évaluation de la faune décapode dans les eaux helléniques a indiqué un total de 250 espèces. La plus diversifiée en termes de nombre d'espèces est le vrai crabe (brachyoure), suivi des crevettes carides et des anomoures (bernard-l'hermite, galathées), tandis que les crevettes Dendrobranchiés et les macroures (homard et espèces parentes) contribuent dans une moindre mesure à la diversité des espèces de décapodes. En Turquie, l'étude la plus complète a signalé 220 espèces de crustacés décapodes, parmi lesquelles 75 Natantia, 15 Reptantia, 36 Anoures et 94 Brachyoures dans les mers Égée et Méditerranée. La faune de mollusques des eaux turques compte plus de 800 espèces enregistrées le long des côtes turques. Parmi elles, 174 espèces sont endémiques de la Méditerranée et 55 espèces sont des migrants lessepsiens provenant de la région indo-pacifique.

888. 108 espèces d'échinodermes (70,1 % de la faune méditerranéenne connue) ont été enregistrées dans la mer Égée. Le nombre total d'espèces échinodermes en Turquie est de 80. L'étude nationale pour la diversité biologique en Syrie (NCSBD) a enregistré 1 027 espèces de faune, les espèces de faune benthique incluaient 34 Nématodes, 10 Annélides, 166 Arthropodes, 315 Mollusques, 7 Chaetognathes, 12 Échinodermes, 13 Tuniciers, 40 Cnidaires, 1 Cténaire et 15 Porifère. La plupart des espèces sont considérées comme rares sur la côte syrienne et seulement 8 espèces des gastropodes, 1 bivalve, 5 crustacés, 1 échinoderme, 1 cnidaire et 2 ascidies étaient abondantes.

889. Au Liban, 662 espèces macrozoobenthiques ont été identifiées dans les eaux littorales : polychètes (136 espèces), mollusques (298 espèces), crustacés (104 espèces), échinodermes (16 espèces), nématodes (2 espèces), Sipunculoidés (2 espèces), Ascidiacées (26 espèces) et Porifères (33 espèces). On manque d'études approfondies sur la dynamique de la population et la biomasse des organismes benthiques.

890. Les organismes benthiques dans la partie égyptienne de la sous-région appartiennent à de nombreux taxons. Il existe 126 espèces d'annélides, 86 espèces de mollusques et 48 espèces d'échinodermes. En outre, on trouve 59 espèces d'arthropodes, 3 de branchiopodes et de nombreuses ascidies, Nermertini et Sipunculida. 51 espèces d'éponges vivent dans les eaux égyptiennes dont 5 ont une valeur commerciale.

891. Les connaissances supplémentaires à propos de l'écosystème benthique dans les eaux méditerranéennes égyptiennes sont surtout limitées à la région d'Alexandrie, mais à une exception près, celle du site d'El Dabaa à 160 km à l'ouest d'Alexandrie. Des modifications à long terme semblent avoir pris place dans la structure et la composition des communautés benthiques au cours des dernières décennies.

#### *Macroalgues*

892. Des informations localisées provenant de différentes parties de la sous-région existent concernant la composition des macroalgues des communautés écologiques. Par exemple, l'algue marine dans la région égyptienne compte 224 espèces, dont 55 espèces chez les chlorophytes, 48 chez les phaenphytes et 141 espèces de rhodophytes (Aleem, 193).

893. En général, 35 % des espèces d'algues marines et 75 des spermatophytes sont désormais considérées comme des espèces menacées en Syrie (NCSBS, 2002) et cela peut être représentatif des autres parties développées de cette sous-région. Les activités côtières et la sédimentation associée, en plus d'autres conditions défavorables comme la pollution et les changements climatiques, accéléreront les extinctions locales.

894. Environ 300 espèces de macroalgues ont été enregistrées dans la sous-région sur la côte méditerranéenne d'Israël ; un nombre qui est bien loin des plus 1 100 espèces connues pour l'ensemble de la Méditerranée. Cela peut être dû au petit nombre de spécialistes et au nombre restreint d'études réalisées au cours du XX<sup>e</sup> siècle, mais cela peut également refléter la faible biodiversité en raison des conditions oligotrophes extrêmes, de la rareté des habitats rocheux peu profonds et, récemment, de la dégradation rapide du littoral.

895. On estime qu'environ 500 espèces de taxons macrophytes au total habitent les côtes helléniques, en fonction de différents éléments géographiques, par exemple endémique méditerranéen, tempéré-chaud atlantique oriental, tropical à tempéré(-chaud) amphi-atlantique et tropical à tempéré(-chaud) indo-pacifique. Les espèces endémiques de la Méditerranée orientale sont très rares. De nombreux relevés sont problématiques, car les descriptions morphologiques et le matériel de contrôle sont limités. La mer Égée est de loin la zone la mieux étudiée des côtes helléniques. La communauté d'algues *Cystoseira crinita* a été étudiée sur différents sites vierges égéens afin de décrire les sites NATURA 2000. Au total, 113 taxons (73 Rhodophycées, 25 Phaeophycées, 15 Chlorophycées) ont été identifiés.

896. Récemment, l'espèce menacée *Tenarea tortuosa* (Esper) Lemoine a été vue en Méditerranée autour de Kalkan, où elle forme des barrières. Diverses espèces ont été observées formant du maërl sur des substrats coralligènes et sableux dans les eaux profondes et peu profondes dans le centre et le sud de la mer Égée. Neuf genres de macroalgues corallines (*Corallina*, *Amphiroa*, *Lithophyllum*, *Titanoderma*, *Haliptilon*, *Jania*, *Hydrolithon*, *Pneophyllum*, *Neogoniolithon*) ont été signalés sur la côte méditerranéenne.

897. 173 espèces de macroalgues ont été identifiées depuis diverses terrasses littorales le long de la côte syrienne : 79 Rhodophyta, 34 Chlorophyta, 32 Fucophyta et 28 Cyanophyta. Elles sont réparties de la façon suivante : 109 espèces dans la zone infralittorale, 50 espèces dans la zone médiolittorale, 3 dans la zone supralittorale, 8 dans les zones infralittorale et médiolittorale et 3 dans les zones médiolittorale et supralittorale. Les espèces invasives comme *Galaxaura lapidescens* et *G. rugosa* prospèrent dans certaines régions, où *Cystoseira amentacea*, une espèce sensible à la pollution, diminue.

898. Au Liban, les études sur les espèces benthiques sont rares. Environ 243 espèces de macrophytes ont été identifiées dans les eaux libanaises : Cyanophyta (25 espèces), Xanthophyta (1 espèce), Chlorophyta (58 espèces), Phæophyta (29 espèces), Rodophyta (127 espèces) et Monocotyledones (3 espèces).

899. Concernant la flore des algues égyptienne, plusieurs espèces de macroalgues qui étaient manifestement communes dans les études réalisées dans les années 1940 semblent être désormais absentes. On ne trouve plus *Cystoseira compressa*, une espèce auparavant commune. Dans le même temps, *Caulerpa racemosa* et *Tricleocarpa oblongata*, non enregistrés dans les années 1940, sont aujourd'hui abondantes.

900. Environ 300 espèces de macroalgues ont été enregistrées sur la côte méditerranéenne d'Israël ; un nombre qui est bien loin des plus 1 100 espèces connues pour l'ensemble de la Méditerranée. Cela peut être dû au petit nombre de spécialistes et au nombre restreint d'études réalisées au cours du XX<sup>e</sup> siècle, mais cela peut également refléter la faible biodiversité en raison des conditions oligotrophes extrêmes, de la rareté des habitats rocheux peu profonds et, récemment, de la dégradation rapide du littoral.

901. Bien que les macroalgues soient connues pour leur taux élevé d'endémisme en Méditerranée, une seule espèce a été reconnue endémique au large de la côte israélienne, *Cystoseira rayssiæ* (Ramon, 2000). La rapide modification physique du littoral et les pressions de la pollution terrestre et maritime, le chalutage destructeur, le dragage, ainsi que l'installation d'algues exotiques signifient que la composition de la flore a été modifiée.

### Angiospermes

902. Sur les substrats meubles de la mer Égée, les angiospermes *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* sont répandus, tandis que les angiospermes *Zostera noltii* et *Halophila stipulacea* sont limités à des aires spécifiques.

903. Trois espèces d'angiospermes sont présentes dans l'écosystème marin syrien, *Cymodocea nodosa*, *Halophila stipulacea*, *Zostera noltii*. Des études ont montré que *Posidonia oceanica*, qui était présente dans les eaux syriennes dans les années 1970, ne l'est plus dans une partie de ces eaux. La disparition des prairies de *Posidonia oceanica* peut indiquer la dégradation de l'habitat à grande échelle et peut entraîner la disparition de nombreuses espèces associées.

904. Selon la documentation, il existe trois principales espèces d'angiospermes dans les eaux littorales libanaises : *Zostera nana* (= *Zostera noltii*) qui ne forme pas de prairie dense ; *Halophila stipulacea* qui est rare et d'origine indo-pacifique ; et *Cymodocea nodosa* qui vit dans les zones médiolittorale et infralittorale et occupe un pourcentage de couverture relativement faible. La rareté des zones étendues de fonds sableux et la destruction de ceux existants par les activités anthropogéniques et la pollution peuvent être les principaux facteurs ayant limité la répartition des angiospermes dans les eaux littorales libanaises. Le phanérogame *Posidonia oceanica* pousse également dans des prairies éparées dans les eaux égyptiennes, à l'ouest d'Alexandrie.

### 6.3.3 Mammifères marins, reptiles et oiseaux marins

905. Plusieurs espèces phares présentant un grand intérêt de conservation sont présentes dans cette partie de la Méditerranée. La plus notable, en particulier dans cette région, est le phoque moine méditerranéen (*Monachus monachus*) qui est toujours présent en Grèce, à Chypre et en Turquie. Cette partie de la Méditerranée est également très importante pour la grande disponibilité de sites de nidification pour les tortues marines, en particulier *Caretta caretta*, et pour la présence de nombreuses espèces de cétacés.

#### Mammifères marins

906. Sur 14 espèces de cétacés répertoriées en Méditerranée, dix sont connues pour se trouver dans le bassin Levantin dont cinq peuvent être considérées comme des résidents : *Tursiops truncatus*, *Stenella coeruleoalba*, *Grampus griseus*, *Delphinus delphis* et *Ziphius cavirostris*, et cinq autres comme des visiteurs : *Steno bredanensis*, *Pseudorca crassidense*, *Physeter macrocephalus*, *Balænoptera acutorostrata* et *Balænoptera physalus*. *T. truncatus* est de loin l'espèce la plus abondante, associée aux chalutiers commerciaux et comptant pour presque tous les enchevêtrements de filet déclarés.

907. Sur 12 espèces de cétacés signalées dans les eaux grecques, sept sont représentées par des populations permanentes et communément observées. La plus abondante est celle du dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*), suivi par le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), le dauphin commun (*Delphinus delphis*), le cachalot (*Physeter macrocephalus*) et le dauphin de Risso (*Grampus griseus*). La mer Égée est une zone d'une importance particulière pour le marsouin commun (*Phocoena*), qui est strictement limité au nord et principalement sur le plateau peu profond de la mer de Thrace. En Méditerranée, cette espèce rare ne se trouve que dans la mer Noire. Jusqu'à aujourd'hui, aucune donnée quantitative concernant l'abondance des espèces de cétacés n'est disponible et aucune aire critique n'a été définie pour leur conservation.

908. Dans les mers Égée et Méditerranée turques, neuf espèces de cétacés ont été détectées : *Delphinus delphis*, *Tursiops truncatus*, *Stenella coeruleoalba*, *Globicephala melas*, *Grampus griseus*, *Pseudorca crassidens*, *Physeter catodon*, *Ziphius cavirostris* et *Balænoptera physalus*. Dans le nord de la mer Égée, la présence de *Phocoena* est connue, mais seulement de façon occasionnelle. Toutes ces espèces de cétacés sont présentes dans les eaux turques et, par conséquent, elles sont toutes protégées légalement depuis 1983. En janvier 2009, une espèce rare de baleine à bec (*Mesoplodon europaeus*) a échoué dans la baie de Fethiye dans le sud-ouest de la Turquie. Une stratégie de protection nationale des cétacés a été établie en 1994. Entre 1990 et 1997, 23 cétacés échoués ont été enregistrés. Tandis qu'entre 2001 et 2003, 20 échouages ont été signalés, dont 4 concernaient des cachalots.

909. La collecte de données de terrain sur les échouages de cétacés le long de la côte syrienne entre 2003 et 2009 a fait état de 15 individus échoués morts : *Tursiops truncatus* avec 6 cas, *Ziphius cavirostris* avec 5 cas et *Megaptera novæangliæ*, *Physeter catodon*, *Balænoptera physalus*, *Grampus griseus* avec un cas chacun. Des enregistrements du Liban existent pour *Delphinus delphis*, *Stenella coeruleoalba*, *Tursiops truncatus* et *Physeter macrocephalus*. En septembre 2005, une étude sur les cétacés a été réalisée sur le plateau continental israélien et a donné lieu à 14 observations de cétacés (53 individus) sur 5 des 15 jours d'étude. Celles-ci comptaient les premières observations au large de *T. truncatus* et d'un groupe de 25 *G. griseus* déjà vus en juin 2005, suggérant alors une résidence à long terme de l'espèce dans la zone. En 2009, les études sur 1 608 km ont noté 39 individus *T. truncatus*. La population est estimée à 360 individus. Le taux d'observation global faible (0,088 animaux par nm) est conforme à l'extrême oligotrophie du Levantin.

910. Les populations de cétacés au large de la côte israélienne n'ont guère été étudiées de façon systématique. Marchessaux (1980) a enregistré huit espèces de cétacés à partir de la documentation existante, ses propres données et des collections d'histoire naturelle nationales de l'université de Tel-Aviv et du British Museum of Natural History. Les informations actuelles sont basées sur les spécimens échoués ou enchevêtrés et les observations opportunistes recueillies par l'IMMRAC depuis 1993 (Goffman *et al.*, 2000, 2006). Sur les 14 espèces répertoriées en Méditerranée, dix sont connues pour provenir du bassin Levantin : cinq peuvent être considérés comme des résidents comme le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*), le dauphin de Risso (*Grampus griseus*), le dauphin commun (*Delphinus delphis*) et la baleine à bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), et cinq comme des visiteurs comme le dauphin à bec étroit (*Steno bredanensis*), le faux orque (*Pseudorca crassidense*), le cachalot (*Physeter macrocephalus*), le petit rorqual (*Balænoptera acutorostrata*) et le rorqual commun (*Balænoptera physalus*). *T. truncatus* est de loin l'espèce la plus commune, associée aux chalutiers commerciaux et comptant pour presque tous les enchevêtrements de filet déclarés.

911. Les rares échouages de cachalot (*Physeter macrocephalus*) et de rorqual commun (*Balænoptera physalus*) peuvent résulter de l'errance accidentelle ou de la dérive de carcasses flottantes. Une carcasse de faux orque (*Pseudorca crassidens*) a été découverte le 13 juillet 2004 et observée à deux reprises dans un groupe en mer. Deux petits rorqual (*Balænoptera acutorostrata*) qui se sont coincés dans des filets maillants ont été signalés à Akko en mai 2000 et à Haïfa en février 2004 et un adulte a été observé près du port d'Haïfa au cours de l'hiver 2005. Les observations fréquentes en mer de *S. coeruleoalba*, *D. delphis* et *G. griseus* attestent d'une présence visiblement à l'année. La population méditerranéenne de *D. delphis* a été déclarée « menacée » du fait qu'elle tend à diminuer. Cependant, au large de la côte israélienne, on a observé beaucoup de grands groupes (20 à 70 individus) ces dernières années. Les échouages et observations de *S. bredanensis*, ainsi qu'une observation inhabituelle d'un grand groupe recherchant de la nourriture dans le port d'Haïfa, ayant tous eu lieu entre février et avril, suggèrent une présence saisonnière. Une identification incertaine a évoqué la possibilité d'une introduction d'une espèce de la mer Rouge (*Sousa chinensis*) via le canal de Suez (Kerem *et al.*, 2001). En septembre 2005, une étude sur les cétacés a été réalisée sur le plateau continental israélien afin d'estimer l'abondance de la population des cétacés résidant le long du rivage israélien ([www.ecocean.com/en/scientists/research](http://www.ecocean.com/en/scientists/research)). Elles comptaient les premières observations au large de *T. truncatus* (18,5 à 55,5 km du rivage, à des profondeurs de 170 à plus de 1 200 m) et les vraisemblables retrouvailles avec un groupe de 25 *G. griseus* déjà vus en juin 2005, suggérant alors une résidence à long terme de l'espèce dans la zone. Le taux d'observation global faible (0,088 animaux/nm) est conforme à l'extrême oligotrophie du Levantin.

912. La population grecque du phoque moine (*Monachus monachus*) représenterait environ 90 % de l'ensemble de la population méditerranéenne de l'espèce. La mer Égée est en particulier connue pour abriter plus de 78 % de la population hellénique totale des espèces (environ 200 à 250 individus ; Cebrian, 1998). Les complexes des Sporades du nord, des îles Kimolos-Polyaigos et de Karpathos-Saria, ainsi que l'île de Gyros, sont importants pour les populations qui résident et se reproduisent dans la mer Égée. Jusqu'ici, seules les îles Sporades du nord bénéficient d'un cadre de protection légale, officiellement créé en 1992 (PD 519/28-5-92), comme le premier parc marin hellénique pour protéger la population du phoque moine.

913. La Turquie dispose également d'une population de phoque moine et a mis le phoque moine méditerranéen sous protection juridique en 1977. Une stratégie nationale a été préparée afin de coordonner l'ensemble des efforts visant à la survie de cette espèce et de développer une politique globale. La mer Égée, avec ses petits îlots et îles calmes et isolés, ses plages paisibles et ses grottes

sous-marines, est l'habitat le plus important du phoque moine dans les eaux turques. Cependant, en raison du tourisme, de la pêche et de la sururbanisation, les phoques moines perdent leurs habitats, ce qui est la principale raison de leur déclin. D'autres menaces importantes sont leur massacre délibéré et l'enchevêtrement dans les outils de pêche et plusieurs rapports ont signalé la mort de phoque noyés dans les filets. La population de la mer Égée est viable, comme l'indique la présence de petits.

914. *Monachus monachus* est apparu en Syrie il y a plus de 38 ans et il y est toujours présent. Arwad, le port de Tartous, le port de Lattakia, Fanar Ibn Hani, Afamia, Borj Islam Oum Altiur, Ras AlBassit et les îles Alhamam sont des lieux où le phoque moine est habituellement rencontré. Entre 2000 et 2010, on a comptabilisé environ 28 observations de phoques moines. Du fait de la présence de grottes et plages adéquates, les phoques moines se reproduisent probablement dans la région. Les phoques moines (*Monachus monachus*) ont été observés le long de plusieurs plages au Liban (dernier enregistrement de 9 individus à Amchit, Mont Liban en 1970), mais il n'existe pas d'observation récente de cette espèce.

915. 8 espèces de mammifères marins existent dans les eaux égyptiennes, dont le rorqual commun, le cachalot, le dauphin de Risso et le phoque moine. Ce dernier, qui n'a pas été vu dans les eaux égyptiennes pendant 50 ans, a récemment été observé dans les aires rocheuses autour de Marsa Matrouh, près de la frontière avec la Libye.

#### *Tortues marines*

916. Trois espèces de tortues marines, *Caretta caretta*, *Chelonia mydas* et *Dermochelys coriacea*, sont présentes dans la sous-région. La tortue caouanne et la tortue verte apparaissent régulièrement dans les eaux territoriales helléniques, tandis que *Dermochelys coriacea* n'est que rarement rencontrée. Seule *C. caretta* est connue pour nicher à Hellas, concentrant environ 60 % de la nidification totale documentée de cette espèce en Méditerranée. *Caretta caretta* est répertoriée comme étant en danger et *D. coriacea* comme étant en danger critique d'extinction dans la liste rouge des espèces menacées de l'UICN. La principale menace pour les populations de tortues marines découle de leur interaction avec les activités de la pêche. Les efforts de conservation dans une zone de nidification de la tortue marine peuvent être ébranlés par l'impact provoqué par les prises accessoires sur la même population dans une autre zone ou un autre pays.

917. Selon les investigations faites jusqu'ici, 19 sites de nidification de *Caretta caretta* et 5 de *Chelonia mydas* ont été identifiés dans la partie turque des mers Égée et Méditerranée. Les principales plages de nidification identifiées pour *C. caretta* se trouvent en Turquie et en Grèce, avec des nombres inférieurs enregistrés à Chypre, en Libye, en Tunisie, en Israël et en Italie. Les raisons générales du déclin et des menaces actuelles sont l'exploitation directe passée, la capture accidentelle, la pollution et les déchets en plastique, le tourisme et les activités qui y sont liées. Les problèmes sont l'extraction de sable, la photopollution des hôtels, le trafic des plages, l'accès nocturne aux plages de nidification, la prédation des nids par les renards, les chiens et les chacals, les chaises longues et parasols sur les plages de nidification, les bateaux rapides près des plages et d'autres activités de pêche près des sites de nidification. La législation turque comporte plusieurs sections et dispositions sur la conservation de l'héritage naturel et culturel. Le statut de « plage de nidification des tortues marines » n'offre pas de protection directe, mais facilite la déclaration du statut de protection officiel. D'autre part, il existe diverses législations sur la conservation des « plages de nidification des tortues marines » en Turquie. La plupart des plages de nidification des tortues marines en Turquie sont des aires de protection environnementale spéciales et de zones naturelles SIT.

918. Les tortues marines présentes dans les eaux syriennes sont *Caretta caretta*, *Chelonia mydas* et *Dermochelys coriacea*. Seules les deux premières se reproduisent le long de la côte syrienne. Un nombre considérable de jeunes tortues ont disparu chaque année par la prédation du crabe fantôme *Ocypode cursor*. Ces crabes étaient très nombreux, probablement en raison des niveaux élevés de déchets sur les plages. Une autre menace identifiée et représentant la plus grande préoccupation est le massacre délibéré ou la collision avec les bateaux. Peu de choses ont été entreprises pour estimer les populations de tortues marines en Syrie. Les estimations indiquent 104 nids de tortues vertes sur une plage de sable de 12 km au sud de Lattakia. La nidification de la tortue caouanne a déjà été signalée auparavant, ce qui fait de ce site le plus important pour la nidification des tortues vertes en Syrie. Il est également d'une importance régionale majeure, car il fait partie des 10 plus grandes plages méditerranéennes de nidification en termes de nombre maximal de nids enregistrés.

919. Trois espèces de tortues marines sont présentes dans les eaux libanaises : *Chelonia mydas* et *Caretta caretta* nichent sur les plages libanaises, tandis que *Dermochelys coriacea* est un simple visiteur. Des études d'évaluation ont indiqué que 19 plages (12 au sud de Beyrouth et 7 au nord de Beyrouth) servaient actuellement d'habitats de nidification potentiels. C'est l'une des raisons à la déclaration de deux réserves naturelles littorales par la législation : la « réserve côtière naturelle de Tyre » (décret 708, 12/11/1998) et la « réserve naturelle de Palm Islands » (décret 121, 12/03/1992). Les chiffres annuels sur la nidification restent spéculatifs en raison du manque de surveillance normalisée des principales zones de nidification. La capture de tortues, baleines et phoques est strictement interdite dans les eaux territoriales libanaises, mais des captures accidentelles dans les filets des pêcheurs se produisent de façon régulière.

920. Jusqu'à la moitié du XX<sup>e</sup> siècle, des centaines de *Caretta caretta* nichaient le long de la côte méditerranéenne d'Israël. Dans les années 1950, environ 200 nids avec une densité d'à peu près 15 nids par km ont été enregistrés sur 15 km de plage type dans le nord d'Israël. Cependant, ce nombre a rapidement diminué par la suite. *Chelonia mydas* et *C. caretta* nichent en petits nombres sur la côte méditerranéenne de l'Israël. Un programme de gestion national a été préparé et mis en œuvre depuis 1993 par la NNPPA. La principale menace pour les nids de tortue est le trafic intensif des véhicules à quatre roues sur les plages. La prédation par les renards, les inondations par l'eau de mer lors des orages d'été, l'urbanisation croissante le long de la plaine côtière menaçant les jeunes de désorientation par les sources lumineuses anthropogéniques, le trafic, ainsi que l'activité humaine nocturne sont d'autres menaces qui peuvent perturber les tortues femelles qui nichent. Selon les données recueillies sur les carcasses isolées de *C. mydas*, 60 % des blessures étaient liées à la pêche (Levy, 2008).

921. Les connaissances sur les tortues marines dans les eaux égyptiennes restaient anecdotiques et fragmentaires jusqu'à ce que toutes les plages entre Alexandrie et Salloum sur la frontière avec la Libye fassent l'objet d'études sur la présence de nids de tortues marines pendant la saison de nidification en juin-juillet 1993. Sur les 602 km étudiés, seuls 255 km sont constitués de plages de sable formant une zone de nidification potentielle pour les tortues marines, le reste de la côte étant rocheux ; tous les nids appartenaient à des tortues caouannes.

922. La tortue molle du Nil (*Trionyx triunguis*) n'est pas une espèce de tortue marine, mais sa présence dans les zones côtières mérite que l'on en parle ici. Cette espèce de tortue d'eau douce est répertoriée par l'UICN comme étant « en danger critique d'extinction » dans le recueil de données rouge et la population méditerranéenne a été classée dans la catégorie « CR C2A » qui signifie que la population souffre d'un déclin continu dans le nombre d'individus adultes et la structure de la population, et que la (sous)population ne compte pas plus de 1 000 individus adultes. Cette espèce est également incluse dans l'Annexe II de la Convention de Berne et l'Annexe III de la CITES. Elle est souvent capturée comme prise accessoire par la pêche avec les tortues marines et partage même certaines plages de nidification avec elles comme les plages de Dalaman et Dalyan.

#### Oiseaux marins

923. Les eaux grecques sont riches en oiseaux marins, y compris notamment, le puffin yelkouan et d'autres espèces de puffins, le cormoran huppé de Méditerranée, le cormoran pygmée, l'océanite tempête, le fou de Bassan, le grand cormoran, le labbe pomarin, le labbe parasite, le labbe à longue queue, le grand labbe, le goéland d'Audouin et de nombreuses autres espèces de goélands, 11 espèces de sternes, ainsi que de nombreuses espèces d'oiseaux de rivage appartenant à la famille des Scolopacidés.

924. Les efflorescences d'algues ont un impact négatif pour certaines espèces d'oiseaux marins dans cette sous-région. Par exemple, une efflorescence qui a commencé à la fin de 2009 a eu des effets dévastateurs, en particulier sur la performance de reproduction du cormoran huppé de Méditerranée dans le nord de la mer Égée, où les plus grandes colonies de l'espèce se trouvent en Grèce. Le succès de la reproduction a été littéralement anéanti, car certaines colonies ont produit jusqu'à 50 fois moins de petits que les années précédentes. L'étendue de la prolifération des algues a été beaucoup plus importante que prévue initialement et a atteint Limnos, le nord des Sporades et Skyros dans le centre de la mer Égée. De même, des études sur les oiseaux marins en mer indiquent que les aires touchées par des efflorescences d'algues sont inhospitalières pour les oiseaux qui les évitent ([www.ornithologiki.gr](http://www.ornithologiki.gr)).

925. La Turquie est un couloir naturel pour de nombreuses espèces d'oiseaux migrateurs et leur protection a été développée au cours de ces dernières années. Cependant, la perte de l'habitat entraînée par le drainage, le détournement de l'eau, les modifications du régime hydrique annuel, l'eutrophisation, la coupe des roseaux, et les décharges, la pollution chimique et la chasse sont les principales menaces pour les oiseaux marins en Turquie. Les zones humides côtières et les îles au large de la côte sont des habitats importants pour les oiseaux. La plupart d'entre eux abritent des communautés d'oiseaux significatives, dont certaines sont des espèces menacées. Parmi ces espèces, le cormoran pygmée, le pélican frisé, la sarcelle marbrée et le goéland d'Audouin sont particulièrement importants aux niveaux régional et national. *Larus audouinii* et *Falco eleonoræ* sont des espèces menacées.

926. Le Liban est une route principale pour la migration des oiseaux dans la Méditerranée orientale, ce qui lui confère une avifaune riche. La liste corrigée des oiseaux du Liban répertorie 395 espèces, dont 144 espèces côtières appartenant à 12 ordres (marins ou d'affinité marine) dont cinq sont menacées au niveau mondial et 90 sont classées comme étant de grande importance selon la Convention AEWA. Les espèces aviaires côtières et marines les plus menacées appartiennent aux Pelecaniformes, Anseriformes, Accipitriformes, Gruiformes et Charadriiformes. Peu de ces espèces se reproduisent sur le littoral du pays. La pauvreté relative en oiseaux nicheurs peut être attribuée à la disparition des zones humides côtières, au vaste développement urbain le long du littoral, à la chasse et aux perturbations anthropogéniques continues.

927. En Israël, la culture en étang le long de la plaine littorale nord et centrale s'est étendue au cours des années 1970 et a attiré de nombreuses espèces d'oiseaux marins, en particulier lors de la migration. 11 espèces marines et côtières menacées et en voie de disparition (*Calonectris diomedea*, *Puffinus yelkouan*, *Hydrobates pelagicus*, *Pelecanus onocrotalus*, *Phœnicopterus ruber*, *Pandion haliaëtus*, *Falco eleonoræ*, *Larus audouinii*, *Sterna bengalensis*, *S. sandwicensis*, *S. albifrons*) ont été enregistrées le long de la côte méditerranéenne d'Israël, en plus des 73 espèces natives, migrantes et visiteuses (Shy, 2002). Les oiseaux marins nichent sur certains îlots au large de la côte méditerranéenne de l'Israël et environ 2 000 *Phalacrocorax carbo* hivernent sur les îlots au large de Rosh Hanikra. Comme l'Israël est une importante voie migratoire pour les oiseaux migrateurs, les fermes aquacoles y sont sensibles aux dommages causés par les oiseaux aquatiques piscivores lors de leurs haltes. Environ 75 000 *Pelecanus onocrotalus* migrent deux fois par an par l'Israël. En outre, des dizaines de milliers d'oiseaux aquatiques piscivores, comme *Phalacrocorax carbo* et *Nycticorax nycticorax*, hivernent en Israël. La NNPPA a formulé des directives pour l'utilisation de filets sur les étangs en Israël afin de réduire la mortalité des oiseaux aquatiques piscivores et tente de réduire les dommages causés aux éleveurs par les oiseaux piscivores et de limiter l'utilisation des armes et des filets. D'autres menaces pour les oiseaux côtiers et marins découlent de l'urbanisation côtière, de la spoliation et de la dégradation de l'habitat naturel, avec la plupart des cours d'eau côtiers réduits ou très pollués ; toute perturbation anthropogénique directe de la nidification, de l'alimentation, du repos ; la prédation accrue par des espèces attirées par les déchets (chacals, renards, mangoustes égyptiennes, chiens sauvages, rats noirs, rats bruns, milans noirs et corneilles mantelées) qui ont un impact sur le succès de la reproduction des oiseaux.

928. Plus de 245 espèces d'oiseaux marins sont dénombrées en Égypte, bien que les connaissances sur la répartition et l'abondance de ces oiseaux sur la côte entre Alexandrie et Salloum soient très pauvres. On note la présence régulière du Gravelot de Leschenault, *Charadrius leschenaultii*. Cependant, pendant la migration automnale et printanière, la côte méditerranéenne reçoit un grand nombre de migrants paléarctiques. Les zones humides du delta du Nil ont une importance particulière pour un grand nombre d'espèces d'oiseaux aquatiques. Selon plusieurs dénombrements, des centaines de milliers d'oiseaux aquatiques hivernants visitent ces zones humides chaque année. Les aires égyptiennes se sont donc avérées être l'une des plus importantes régions pour les oiseaux aquatiques en Méditerranée orientale et dans l'ensemble du continent africain. Les guifettes moustac, *Chilodonia hybridus*, hivernant au lac de Borullos, représentent l'une des plus grandes concentrations de cette espèce au monde. Le plus grand nombre d'oiseaux aquatiques dans l'ensemble des zones humides d'Égypte a été constaté au lac Manzala, avec une prédominance de cormorans, échassiers, goélands et sternes. Un grand nombre d'oiseaux aquatiques, notamment des hérons, des aigrettes, des canards, des échassiers, des goélands et des sternes passent par la région de Zaranik à l'extrémité est du lac. La population nicheuse de sterne naine *Sterna albifrons* et de gravelot à collier interrompu *Charadrius alexandrinus* au lac de Bardawil fait partie des plus grandes de Méditerranée. Les populations de flamants roses *Phœnicopterus ruber* font partie des plus importantes du pays.

#### 6.3.4 Espèces exotiques, non-indigènes et invasives

929. La plupart des informations sur les espèces non indigènes sont des données sur l'occurrence et il est rare de trouver plus d'informations, à moins que les espèces n'aient un certain effet commercial ou nuisent aux activités humaines. Le nombre d'espèces est sous-estimé, car seules les espèces évidentes sont habituellement enregistrées alors qu'en raison d'un manque d'expertise sur la plupart des taxons marins, des espèces discrètes passent probablement inaperçues.

930. Les voies d'accès des espèces exotiques via le transport par bateau peuvent être classées comme le transport par les eaux de ballast, sessile (encrassement) et vagile (accrochage) sur les coques de bateau. Les détroits internationaux utilisés pour la navigation en Méditerranée et en mer Noire sont, dans le même temps, des couloirs biologiques d'un point de vue biogéographique. Par exemple, l'une des espèces de poissons introduites volontairement, *Mugil souyi*, a d'abord été introduite dans la mer d'Azov et, une fois qu'elle est parvenue à la coloniser, elle s'est introduite dans la mer Noire via le détroit de Kertch. Plus tard, elle est passée par le détroit d'Istanbul, le détroit de Çanakkale et la mer de Marmara et se trouve maintenant en Méditerranée. D'autres exemples existent comme ceux de *Rapana venosa* et *Mnemiopsis leidyi*. Leur premier enregistrement a eu lieu dans la mer Noire et après une migration réussie par les détroits, elles sont entrées dans les mers Égée et Méditerranée. Le détroit de Gibraltar est également important pour la répartition des espèces d'origine atlantique dans les mers Méditerranée et Égée. Par le canal de Suez, plusieurs espèces marines migrent vers la mer Méditerranée comme les phanérogames marins, les macrophytes, les cœlentérés, les mollusques, les crustacés et les échinodermes.

931. Des espèces de poissons exotiques sont entrées dans la Méditerranée via quatre voies : a) par le détroit de Gibraltar, b) par le canal de Suez, c) par le détroit de Çanakkale et d) par les activités humaines comme le transport maritime, la mariculture et autres. Outre les poissons, mollusques et crustacés, d'autres taxons exotiques se trouvent également principalement en Méditerranée orientale, comme des méduses, des cténophores, des polychètes, des ascidies et des échinodermes.

932. En Grèce, 172 espèces exotiques ont été enregistrées dans la mer Égée, dont 145 au sud et 27 au nord. Parmi elles, 101 espèces sont bien établies et se propagent. Ce sont pour la plupart des espèces benthiques, suivies par des macroalgues et des poissons. Plusieurs espèces indo-pacifiques de poissons ont été signalées dans le Dodécanèse (Égée sud-est), presque en même temps que sur les côtes israéliennes. *Siganus rivulatus*, *Upeneus moluccensis*, *Sargocentron rubrum*, *Pteragogus pelycus* et *Fistularia commersonii* en sont des exemples. L'introduction et l'implantation d'espèces de poissons connaissent une réussite croissante ; *Scomberomorus commerson* a été enregistré en 2007 ; *Lagocephalus sceleratus* s'est rapidement propagé dans la mer Égée ; *Upeneus pori*, *Scomberomorus commerson* et *Torquigener flavimaculosus* sont enregistrés de plus en plus souvent. Ils s'introduisent essentiellement par le canal de Suez. Concernant l'origine des espèces, 98 espèces (56 %) sont d'origine indo-pacifique, 27 espèces (16 %) viennent de l'Atlantique et 10 espèces (6 %) sont originaires du Pacifique, tandis que les autres sont essentiellement des espèces d'eau chaude ayant une répartition subtropicale, circumtropicale ou pantropicale.

933. En 2005, une liste d'espèces exotiques des côtes turques dénombrait 263 espèces appartenant à 11 groupes systématiques où les mollusques avaient le plus grand nombre d'espèces (85 espèces), suivis par les crustacés (51), les poissons (43) et le phytobenthos (39). La mer Noire abrite un total de 20 espèces exotiques, la mer de Marmara 48 espèces, la mer Égée 98 espèces et la mer Levantine 202 espèces.

934. Dans les eaux turques, les espèces de poissons de la mer Rouge représentaient une grande partie de la biomasse totale de poissons démersaux : 62 % dans le golfe d'Iskenderun, 34 % dans la baie de Mersin et 27 % dans la bande côtière entre Incekum et Anamur. Sur les 227 espèces de poissons enregistrées dans les eaux syriennes, 54 (23,7 %) sont entrées dans la zone depuis la mer Rouge via le canal de Suez (39 espèces, 17,1 %) ou depuis la Méditerranée occidentale et l'Atlantique via le détroit de Gibraltar (15 espèces, 6,6 %).

935. Concernant les espèces non indigènes de la faune benthique, 30 espèces d'origine indo-pacifique ont été enregistrées en Syrie, parmi lesquelles les exemples frappants sont : *Cerithium scabridum*, *Strombus decorupersicuss*, *Gafrarium pectinatum*, *Brachidonta pharaonis*, *Spondyllus spinosus*, *Charybids helleri*, *Portunus pelagicus*, *Penaeus japonicus*, *Phallusia nigra*. Parmi les macroalgues lessepsiennes, on trouve *Caulerpa racemosa* var. *lamourouxii*, *Styopodium schimperi*,

*Asparagopsis taxiformis*, *Neomeris annulata*, *Caulerpa scalpelliformis*, *Caulerpa mexicana* et *Galaxaura rugosa*. D'autres enregistrements d'espèces exotiques pour la Méditerranée orientale incluent : *Acetabularia parvula*, *Cystoseira balearica*, *C. caespitosa*, *C. barbatula*.

936. Il faut également préciser la différence entre les espèces exotiques et les espèces invasives. De nombreuses espèces modifient leur répartition ou pénètrent dans de nouvelles eaux et peuvent être considérées comme exotiques, ou non-indigènes, sans pour autant devenir invasives. En général, les espèces invasives sont celles qui s'installent dans une nouvelle zone pour plus de trois générations, se reproduisent dans la nouvelle localité et ont un impact écologique et économique en déplaçant des espèces natives ou en interférant avec les processus écologiques. L'ensemble des espèces exotiques décrites ici et dans les autres chapitres peuvent ne pas faire partie de la catégorie des espèces invasives.

### 6.3.5 Abondance des espèces pêchées et répartitions spatiales

937. La diversité des espèces de poisson dans cette sous-région est élevée, à la fois des chondrichthyens et des ostéichthyens, avec la majeure partie des poissons osseux faisant parties des familles suivantes : Scombridés, Clupeidés, Carangidés, Sparidés, Labridés, Serranidés, Mullidés et Mugilidés. Dans les eaux égyptiennes, on trouve plus de 500 poissons osseux et 56 espèces de poissons cartilagineux.

938. Dans cette région, on trouve un mélange d'espèces classiquement « méditerranéennes » avec des espèces de la mer Rouge et de l'océan Indo-Pacifique. Par exemple, sur les 227 espèces de poissons enregistrées dans les eaux syriennes (Ibrahim *et al.*, 2010a ; Ammar *et al.*, 2009 ; SAAD, 2005, Ibrahim *et al.*, 2002), 54 (23,7 %) (voir annexe 1-d) sont entrées dans la zone depuis la mer Rouge via le canal de Suez (39 espèces, 17,1 %) ou depuis la Méditerranée occidentale et l'Atlantique via le détroit de Gibraltar (15 espèces, 6,6 %). Les espèces invasives d'origine indo-pacifique sont abondantes dans l'écosystème syrien, en particulier au cours des dernières années.

939. Les mers Helléniques sont caractérisées par une faune thermophile de poissons tropicaux et subtropicaux provenant de deux sources différentes : i) les vestiges de la mer de Téthys et ii) des immigrants de diverses origines arrivant à différents moments de l'océan Indien et de la mer Rouge. En tout, le nombre total d'espèces de poissons marins atteint 485. Parmi celles-ci, selon la dernière mise à jour de la base de données d'IMAS-Fish, le nombre total d'espèces de poissons helléniques enregistrées, recueillies par échantillonnage expérimental ou à bord par les chaluts, les sennes coulissantes, les filets et les sennes de plages depuis 1983, est de 393. Parmi celles-ci, 365 sont présentes dans la mer Égée. Les espèces suivantes font partie de la liste rouge des animaux menacés en Grèce : en danger critique d'extinction : *Carcharias taurus*, *Isurus oxyrinchus*, *Lamna nasus*, *Oxynotus centrina* et *Dipturus batis* ; en voie de disparition : *Carcharodon carcharias*, *Carcharhinus plumbeus*, *Thunnus thynnus* et *Mobula mobular* ; vulnérables : *Heptranchias perlo*, *Cetorhinus maximus*, *Alopias vulpinus*, *Centrophorus granulosus* et *Alosa macedonica*.

940. Les données disponibles sur le nombre d'espèces et les schémas de diversité des groupements de poissons démersaux des fonds meubles dans les eaux helléniques sont dérivées des relevés réalisés par les chaluts expérimentaux de façon saisonnière. Ces études ont montré que le nombre de poissons démersaux intéressants pour la pêche corrèle positivement avec l'augmentation de la latitude (augmentation du sud au nord) et négativement avec l'augmentation de la longitude (diminution de l'ouest à l'est).

941. La pêche maritime hellénique est caractérisée par un grand nombre d'espèces capturées par un attirail de pêche principal (c'est-à-dire de la pêche multi-espèces), ainsi que par une variété d'espèces qui sont exploitées simultanément par différents attirails de pêche (c'est-à-dire de la pêche multi-attirails). Dans les débarquements moyens par pêche entre 1982 et 2003, plus de 30 % des débarquements des chaluts étaient dominés par cinq espèces (*M. merluccius*, *M. barbatus*, *T. mediterraneus*, *S. smaris* et *Micromesistius poutassou*). Pour les sennes coulissantes, cinq espèces (*E. encrasicolus* et *S. pilchardus* et, dans une moindre mesure, *T. mediterraneus*, *B. boops* et *S. japonicus*) contribuaient de façon cumulative à plus de 84 % de la moyenne des débarquements totaux. Pour les sennes de plage, plus de 60 % des débarquements comprenaient principalement *S. smaris*, *S. pilchardus* et *B. boops*. Enfin, seulement 30 % des débarquements moyens d'autres bateaux côtiers étaient composés de cinq taxons (*S. pilchardus*, *B. boops*, Mugilidæ, *S. smaris* et *E. encrasicolus*). L'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et la sardine (*Sardina pilchardus*) sont les deux

espèces pélagiques de petite taille les plus importantes en Méditerranée, représentant 18 à 25 % du total des débarquements helléniques et 60 à 70 % du total des débarquements des bateaux à senne coulissante.

942. Sur un total de 1 160 espèces de mollusques enregistrées jusqu'ici dans les eaux helléniques, 21 (en dehors des céphalopodes) présentent un intérêt commercial particulier dans les domaines de la pêche et de l'aquaculture, car elles sont collectées et/ou cultivées pour la consommation de l'Homme. D'autres espèces ont été traditionnellement récoltées comme ressources alimentaires, pour être utilisées comme appâts ou importées intentionnellement pour la culture au cours des dernières décennies et sont toujours exploitées dans certaines zones côtières helléniques. En dehors de quelques espèces et uniquement à une échelle locale (par exemple *Pinna nobilis*, *Lithophaga lithophaga*, *Donacilla cornea*), il n'existe pas d'évaluation de la population dans les eaux helléniques. Les populations de *P. nobilis* ont fortement diminué au cours des dernières décennies, mais d'importantes populations locales existent toujours dans les eaux helléniques. Aujourd'hui, elle a été déclarée espèce menacée et son exploitation a été interdite. *L. lithophaga* est endémique de la Méditerranée. Dans la mer Égée, l'espèce se trouve au nord des îles Sporades, dans le Dodécannèse, en Crète, sur l'île Lesbos, dans les golfes de Maliakos et d'Argolikos et la péninsule de Chalcidique. La densité de population de cette espèce est élevée dans le golfe de N. Evvoikos (36 ind./dm<sup>3</sup>). Par le passé, *L. lithophaga* a été largement exploitée dans les eaux helléniques et elle se trouvait sur les marchés de fruits de mer et dans les restaurants de poissons dans de nombreux endroits. Elle est toujours exploitée (illégalement) par des plongeurs, bien qu'elle fasse l'objet d'une protection stricte.

943. Des études sur les groupements de céphalopodes démersaux sont disponibles uniquement pour l'extrême nord de la mer Égée. *A. media*, *L. vulgaris*, *E. moschata*, *O. vulgaris* et *S. elegans* dominaient les captures sur le plateau supérieur des deux zones étudiées, avec *S. officinalis* montrant une très forte abondance sur les zones du plateau côtier du nord de la mer Égée. Il est intéressant de noter que la mer Égée abrite 20 espèces, 62,5 % de la faune de teuthoïdes méditerranéens connue (calmars). Les espèces de mollusques de grande valeur commerciale dans les eaux helléniques (plus de 90 % de la production totale) sont les gastropodes *Hexaplex trunculus* et les bivalves *Modiolus barbatus*, *Mytilus galloprovincialis* (tous deux recueillis dans les bancs naturels et les unités aquacoles), *Arca noæ*, *Cerastoderma glaucum*, *Donax trunculus*, *Chlamys glabra*, *Ostrea edulis*, *Callista chione*, *Ruditapes decussatus* et *Venus verrucosa*. La caramote, *Penaeus (Melicertus) kerathurus*, vit dans les eaux côtières marines ou saumâtres sur le sable vaseux ou le sable, généralement à des profondeurs comprises entre 5 et 50 m. Elle préfère les zones à proximité des estuaires où se trouvent ses frayères. La crevette est pêchée par les chalutiers et la flotte artisanale. Les captures de chaluts dans le golfe de Thermaïkos varient fortement de façon inter- et intra-annuelle, avec un maximum de captures de 7,5 kg/h réalisé au début de la saison de pêche.

944. Sur les 500 espèces de poissons enregistrées dans la partie turque des eaux littorales méditerranéennes et les 300 dans la mer Égée, environ 100 espèces de poissons et d'invertébrés représentent une valeur commerciale potentielle. La contribution des mers Égée et Méditerranée à la production de la pêche turque est respectivement de 12 et 10 %. Les principales espèces de poissons capturées par la pêche artisanale dans les parties égéenne et méditerranéenne de la Turquie sont le rouget *Mullus barbatus*, le rouget de roche *Mullus surmuletus*, la dorade royale *Sparus aurata*, le bar commun *Dicentrarchus labrax* et le chinchard *Trachurus trachurus*. Ces poissons ont été capturés par les filets fixes, les filets maillants et les palangres dans les eaux turques. D'autre part, la pêche commerciale est un secteur important de l'économie turque avec la pêche ciblant des poissons très migrateurs comme le thon rouge, l'espadon, le germon et des stocks de petits pélagiques comme l'anchois et la sardine. Aujourd'hui, près de 250 chalutiers interviennent sur la côte égéenne et méditerranéenne turque exerçant une forte pression sur les stocks de poissons. Cette augmentation de la puissance de la pêche industrielle et la réduction subséquente de la capture totale des principales espèces cibles par les petits pêcheurs côtiers sont bien étudiées. Les CPUE (captures par unité d'effort) ont été divisées par 10 au cours des 15 dernières années en Méditerranée. En outre, non seulement la taille des individus s'est considérablement réduite au cours des deux dernières décennies, mais les poissons « camelotes » de faible valeur ont remplacé les espèces de poissons à forte valeur commerciale. Aujourd'hui, on constate une nette diminution des stocks des espèces de grande taille comme les requins, les mérus (serranidés) et des espèces rares comme les hippocampes (*Hippocampus* spp.). L'utilisation d'attirails de pêche nuisibles augmente la menace de diminution des stocks de poissons. L'utilisation de la dynamite pour la pêche est signalée dans certaines zones proches du littoral rocheux, un endroit favorable pour l'implantation et les frayères.

945. Les lieux de chalutage sur le plateau syrien représentent environ 300 km<sup>2</sup> ; les fonds ne sont pas adaptés au chalutage et peuvent être exploités par d'autres moyens. Les chiffres officiels concernant le débarquement de poissons marins totalisent 2 500 à 3 000 t/an, on pense que cette quantité est sous-estimée car toutes les captures de poissons ne passent pas par les points de débarquement et les pêcheurs ne déclarent généralement pas le montant réel des captures pour échapper aux taxes. Globalement, les stocks de poissons dans les eaux syriennes sont surexploités ; les signes évidents de cela sont : la diminution des captures par unité d'effort d'année en année, l'augmentation des catégories de taille plus petites et la diminution des catégories de plus grandes tailles d'une espèce donnée.

946. Les pêches libanaises sont de nature artisanale ou traditionnelle. La mer littorale du pays compte 1 685 espèces de faune avec plus de 50 qui sont des poissons d'importance commerciale. Les principaux attirails utilisés sont les filets maillants, les palangres, les sennes coulissantes (lamparo) et les sennes de plage. La pêche se fait généralement à une profondeur maximale de 200 m, tandis que la plupart des activités ont lieu à une profondeur moyenne de 50 m. La flotte de pêche libanaise est composée de 4 800 bateaux de pêche répartis sur toute la côte et seuls 2 700 sont officiellement enregistrés. Bien que cela soit interdit par la législation, la pêche au harpon avec attirail de plongée est largement pratiquée. En outre, des filets de pêche avec des dimensions de mailles illégales sont largement disponibles sur le marché noir, ce qui augmente les captures d'organismes immatures et a des impacts négatifs sur les taux de renouvellement.

947. La composition générale des espèces des captures méditerranéennes d'Israël est restée plus ou moins stable pendant les années 1960-1970 avec deux exceptions majeures : les captures de sardines qui ont fluctué autour de 1 000 t, fortement chuté en 1977 à 340 t et se sont stabilisées à 400-500 t jusqu'en 1981. Depuis 1982, les stocks semblent récupérer donnant des captures annuelles de 680 t en 1982, 870 t en 1983, 1 030 t en 1984. Des études menées par le département de la pêche ont indiqué des stocks plus importants qui sont laissés du fait de leur faible valeur marchande. Le synodonte exotique érythréen, *Saurida macrolepis*, qui représentait autrefois près de 30 % des captures au chalut, a diminué à 6,5 % des captures totales de chalut dans les années 1980. Les principales espèces intéressantes en 1984 (captures totales de 4 200 t) étaient *Sardinella aurita*, mullidés, sparidés, *Epinephelus*, *Trachurus* et *Siganus* spp. En 1998, les captures totales étaient toujours de 4 136 t, mais depuis elles ont diminué précipitamment ; en 2006 (dernière année où le département de la pêche a publié ses enregistrements), elles étaient de 2 219 t. Les principales espèces intéressantes en 2006 étaient les céphalopodes (235 t), les sparidés (185 t), les mugilidés (183 t), les mullidés (182 t), les elasmobranches (179 t), les crevettes pénéides (145 t) et *Saurida* représentent toujours 7 % du total des captures au chalut.

948. L'effondrement de la pêche entre 1966 et 1980 a été provoqué par les effets combinés des modifications environnementales et des réglementations de sécurité sévères des activités de la pêche suite à la guerre de 1967. Le rétablissement et l'amélioration de la pêche sont le résultat de la synergie de plusieurs facteurs : la restauration des activités de pêche normales, l'augmentation de l'effort de pêche avec l'utilisation de techniques modernes et l'augmentation de la taille de la flotte. Un facteur plus efficace dans le soutien de la pêche continentale en Égypte est le drainage agricole accru en mer. Les pêches continentales sont entraînées par le ruissellement. Les pics remarquables de 1997-1999 sont associés à la libération de plus grands volumes d'eau du Nil rendue nécessaire par des inondations exceptionnelles. D'autre part, la dimension de la flotte s'est considérablement développée. Elle comprend 3 196 bateaux motorisés, dont 1 136 chalutiers, dont 231 sont avec sennes coulissantes, 1 734 bateaux avec hameçons, lignes et filets maillants. La comparaison avec la dimension de la pêche préalable au grand barrage est fascinante : 30 bateaux motorisés en 1930, 482 en 1952 et 622 en 1961. Du fait de la surpêche, le rendement par unité d'effort diminue (voir la section 3.1.2 de ce rapport). Les activités de la pêche s'étendent désormais au-delà des eaux égyptiennes.

949. Certaines espèces invertébrées sont surexploitées dans l'ensemble de la sous-région. La récolte du corail rouge (*Corallium rubrum*), par exemple, est réglementée de façon propre à chaque pays. La Grèce divise les eaux territoriales helléniques en cinq grands secteurs géographiques, permettant uniquement à l'un d'entre eux d'être récoltés pendant une période de cinq ans, par un maximum de dix navires autorisés. Bien que ce système assure un moratoire de 20 ans pour la pêche du corail pour chaque région, le manque absolu de données scientifiques sur la répartition du corail rouge, son abondance et la dynamique de sa population dans les eaux helléniques rendent un tel schéma de gestion plutôt critique. Par ailleurs, toutes les données disponibles indiquent que les stocks de corail rouge des eaux peu profondes (jusqu'à 50-60 m) sont presque épuisés et que le braconnage continue.

950. Malgré le petit nombre d'organismes invertébrés de substrat dur exploités en mer Égée et le fait que leur production totale annuelle soit plutôt restreinte (3 000 t/an), leur valeur économique est considérable (plus de 17 millions d'euros/an). En plus des mollusques et crustacés, les espèces exploitées dans le mer Égée incluent différents groupes d'invertébrés comme les éponges, les échinodermes, les cnidaires et les ascidies. La production moyenne annuelle de ces espèces est de 7 000 tonnes (moins de 10 % de la production totale de la pêche).

951. La disponibilité des éponges commerciales méditerranéennes a connu une diminution considérable par l'épuisement des bancs naturels en raison de la forte pression de la pêche et des événements épidémiques dévastateurs. Une étude sur la diversité et la densité de population des éponges d'intérêt économique manifeste ou potentiel a été réalisée dans la région du Dodécanèse en 2004 et 2005. Les résultats ont indiqué que, bien que les éponges de toilette apparaissaient dans un nombre restreint de stations et dans des densités de population relativement faibles, elles montraient des signes de rétablissement après les événements épidémiques dévastateurs.

952. Néanmoins, les poissons à nageoires restent le groupe taxonomique le plus important pour la pêche. Un échantillon représentatif des captures est présenté. En Méditerranée orientale, les principales espèces commerciales en 2007 étaient :

#### **Chalutier**

Poisson cartilagineux	<i>Requins, raies</i>
Synodonté	<i>Saurida undosquamis</i>
Sole	<i>Solea aegyptiaca</i>
Grondin gris	<i>Eutrigla gurnardus</i>
Bivalves	<i>Paphia textile, Donax variabilis, D. variegatus</i>
Crevettes	<i>Marsupenæus japonicus, Metapenæus spp</i>
Céphalopodes	<i>Sepia officinalis</i>

#### **Chalutier/filet maillant**

Dorade royale	<i>Sparus auratus</i>
Bogue	<i>Boops boops</i>
Rouget	<i>Upeneus moluccensis, U. barbatus, U. asymmetricus, U. surmuletus</i>
Crabe	<i>Portunus pelagicus</i>

#### **Senne coulissante**

Athérine	<i>Atherina sp</i>
Sardinelle	<i>Sardinella aurita, S. maderensis</i>
Chinchard	<i>Trachurus mediterraneus</i>
Barracuda	<i>Sphyræna sphyraena, S. chrysotænia</i>

#### **Hameçon et ligne**

Thazard	<i>Scomberomoris commerson</i>
Sabre	<i>Trichurus lepturus</i>

#### **Hameçon/filet maillant**

Mérou	<i>Epinephelus alexandrinus</i>
Bar	<i>Dicentrarchus labrax</i>

#### **Hameçon/Chalutier**

Dorade royale	<i>Pagellus erythrinus</i>
---------------	----------------------------

#### **Filet maillant**

Mulets	<i>Mugil spp, Liza sp</i>
--------	---------------------------

953. En conclusion, les connaissances sur la dimension des stocks des poissons d'importance commerciale sont très limitées. Certains mullidés, la crevette pénéide, la sardine et, dans une certaine mesure, le merlu (*Merluccius merluccius*) ont fait l'objet d'études biologiques, mais la taille de ces stocks et les rendements durables maximum n'ont pas été définis. L'analyse des données statistiques semble indiquer que les stocks commerciaux démersaux communs sont presque exploités au niveau maximum admissible.

#### 6.4 Classification et répartition connue des habitats

954. La diversité de l'habitat est, en général, élevée et il existe une nette différence entre les habitats des fonds marins rocheux et insulaires de la partie nord et les habitats des fonds meubles présents dans les étendues alluviales de la partie sud. Cependant, il existe de grandes différences au niveau des connaissances sur la répartition des habitats. Une forte priorité est donnée aux bioconstructeurs, des trottoirs à vermetes aux bords de *Lythophyllum*, aux prairies de *Posidonia*, aux formations coralligènes en général. Certaines de ces bioconstructions ont presque disparu dans la partie la plus à l'est du bassin (par exemple les prairies de *Posidonia*) tandis que d'autres sont encore prospères, bien que menacées par des activités anthropogéniques.

955. En Grèce, on trouve certains bons exemples des types d'habitats décrits dans l'Annexe I de la Directive européenne « Habitats » (92/43/CEE) sur les côtes helléniques. Bien que ces types soient décrits en termes géomorphologiques, il existe un lien direct entre eux et les communautés biologiques de la Convention de Barcelone. Les paragraphes suivants présentent les informations biologiques sous les codes de la Directive européenne « Habitats ».

956. Le type d'habitat « prairie de *Posidonia oceanica* » (code 1 120) est la caractéristique biologique la plus courante en mer Égée, ainsi que sur les côtes ioniennes. La plupart des prairies se trouvent entre 5 et 35 m de profondeur. Les habitats de type 1 110 « bancs de sable qui sont légèrement inondés à tout moment » sont abondants dans de nombreux sites dans la mer Ionienne et le nord de la mer Égée. Ils ne sont généralement pas couverts par de la végétation ou la végétation n'y est pas permanente ; lorsque la végétation est présente, on trouve deux types de prairies de zostère marine : *Cymodocea nodosa* et *Halophila stipulacea*, un migrant lessepsien qui apparaît uniquement en Méditerranée orientale. Le type d'habitat « vasières et laisses de sable exondés à marée basse » (code 1 140) se trouve sur fond plat et peu profond couvert de boue. Les exemples types sont dans des sites du littoral nord égéen (golfe de Thessalonique, Porto Lagos) et les côtes nord d'Evvoikos (Atalanti). Le type d'habitat « Grandes criques et baies peu profondes » (code 1 160) se trouvent dans des baies semi-fermées où la profondeur ne dépasse pas 10 à 15 m. On en trouve de bons exemples dans de nombreux golfes de la mer Égée (Thessalonique, Gera, Kalloni et Elefsis). Les prairies d'angiospermes *Cymodocea nodosa* sont les éléments végétatifs dominants, ainsi que les populations de certaines espèces de *Cystoseira*, comme *Cystoseira barbata* et *Cystoseira schiffneri*, qui poussent sur de petites pierres et des coquillages dans des conditions hydrodynamiques faibles. Le type d'habitat « récifs » (code 1 170) décrit le substrat rocheux isolé entouré par des eaux profondes, près de la côte ou au large. L'algue *Cystoseira* est un habitant dominant des « récifs ». Le type d'habitat « grottes marines submergées ou semi-submergées » (code 8 330) se trouve le long de nombreuses côtes rocheuses calcaires. De bons exemples de ce type d'habitat 8 330 en mer Égée se situent dans le parc marin de l'archipel de Sporades et l'archipel des Cyclades.

957. En se basant sur la typologie dérivée, l'analyse des pressions et la classification de l'état écologique, les eaux littorales helléniques ont été distinguées en 233 masses d'eaux côtières et celles-ci ont été classées en 4 unités principales : 1. masses d'eau sur les côtes helléniques du nord de la mer Égée et ses baies, 2. masses d'eau sur les côtes helléniques du centre de la mer Égée et ses baies, 3. masses d'eau sur les côtes helléniques du sud de la mer Égée et ses baies, 4. masses d'eau sur l'arc externe Deinaro-Tauric.

958. Les études sur les types d'habitats en Turquie sont éparées, il existe certaines recherches sous la forme d'inventaires locaux. Il s'agit surtout de littérature grise comme des thèses de troisième cycle, des rapports de projet non publiés et des actes de colloques nationaux. La liste des types d'habitats, regroupements et faciès du PNUE/PAM — CAR/ASP n'a pas encore été appliquée dans l'ensemble des eaux turques. Les eaux turques n'ont pas encore été évaluées selon ce système de classification de l'habitat. La côte turque en question peut être divisée en quatre écorégions ; i) le nord de l'île de Lesbos en mer Égée qui est sous l'influence de la mer Noire, ii) le sud de Lesbos jusqu'à la péninsule de Datça en mer Égée, iii) l'est de la péninsule de Datça à Cap Anamur, iv) l'est du Cap Anamur à la frontière syrienne qui fait partie de la province lessepsienne.

959. Chypre est au centre du bassin Levantin et est caractérisé par un pourcentage élevé d'espèces exotiques (immigrants lessepsiens). Les zones côtières et marines de Chypre ont un grand nombre d'habitats allant des falaises rocheuses avec grottes et plages et dunes de sable sur la côte aux récifs sous-marins avec grottes immergées et vastes prairies de *Posidonia*. La bande côtière est

désormais fragmentée avec des habitats côtiers précieux, un paysage urbain en expansion et un nombre croissant d'ouvrages côtiers (digues, etc.). Chypre est l'un des très rares États méditerranéens à disposer d'une ZEE (au large de sa côte sud jusqu'ici). On dispose de peu ou pas d'informations sur le biote de ces eaux plus profondes.

960. Le complexe du lac salé de Larnaca est l'une des deux principales zones humides à Chypre qui sont d'importance écologique internationale. Il est composé de quatre lacs principaux, le lac salé principal (Alyki), Orphani, Soros et le petit lac aéroport. Bien qu'ils soient liés entre eux, ces lacs sont très différents. Alyki, le principal lac salé, a un régime de salinité très élevé, d'où son utilisation par le passé pour la récolte du sel. Cette collecte s'est arrêtée en 1986, car il a été découvert que ce sel était impropre à la consommation. Les lacs sont saisonniers et s'assèchent en été. L'algue qui forme la base de la chaîne alimentaire est ici essentiellement *Dunaliella salina* ; elle est mangée par *Artemia salina*, l'artémie et *Branchinella spinosa*, qui vivent principalement dans les autres lacs de Larnaca, qui présentent une salinité inférieure. Les lacs salés de Larnaca sont surtout connus pour leurs oiseaux aquatiques. De nombreux oiseaux hivernent ici, comme le flamant rose et diverses espèces de canards et goélands. De nombreux autres oiseaux font également escale dans la zone lors de leur migration printanière, tandis que d'autres espèces nichent et se reproduisent ici.

961. Suite à la disparition des prairies de *Posidonia* des écosystèmes marins syriens, on estime que certaines régions sont laissées sans résistance compromise en raison des menaces croissantes de la surpêche, de la bioinvasion, de la pollution, etc. De nombreux habitats de phoque moine présents le long de la côte syrienne pourraient présenter un intérêt en tant que zones éventuelles de repos et/ou d'échouerie. Les terrasses de vermetides levantines, réparties presque partout entre 20 et 30 cm au-dessus du niveau de la mer des côtes rocheuses, se trouvent principalement le long des parties nord de la côte syrienne, en partant du district de Lattaquié vers le nord jusqu'à la frontière turque. De telles terrasses disposent d'une biodiversité riche.

962. Certains habitats de la région côtière sont d'une importance particulière en raison de leur sensibilité ou du fait qu'ils servent à la reproduction d'autres espèces : plages de sables immergées ; sites de nidification importants pour les tortues marines, souvent visités par les tortues vertes et caouannes ; les grottes marines présentes au sud de Ras Al Bassit et à Oum Tiur doivent être préservées comme habitats appropriés aux phoques moines ; plateformes avec *Dendropoma petraeum* sur le récif de Ras El Bassit et dans d'autres lieux similaires le long de la côte. Dans de nombreux endroits, de telles plateformes sont de petite taille en raison de la fragmentation de l'habitat ; les faciès avec l'algue calcaire *Titanoderma bissoides* qui peuvent être trouvés à de faibles densités dans de nombreuses zones le long de la côte syrienne. De tels faciès sont riches en faune et abritent une grande variété de structures organogéniques et d'algues calcaires et de mollusques associés (comme *Tonna galea* et *Erosaria spurge*).

963. La côte libanaise fait environ 220 km le long de l'axe nord-sud en Méditerranée orientale. Le long de la côte, se trouvent 3 baies, 12 promontoires principaux et plusieurs deltas fluviaux. Le plateau continental est plus large au nord (12 km), se rétrécit sur un axe nord-sud et s'élargit à nouveau à 8 km au sud. Les falaises sont normalement associées à des terrasses balayées par les vagues qui montrent des schémas type d'érosion avec des marmites de géant, des soufflures et des canaux étroits.

964. Les fonds marins existants le long du littoral libanais sont un mélange de roche nue, de rochers, de graviers et de sable. On trouve plusieurs types de biotopes marins (rocheux, sableux, boueux, côtiers, néritiques et océaniques) dans les eaux néritiques et océaniques, où des biocénoses se développent selon les conditions géologiques, physiques et chimiques qui prévalent. Les principaux types d'habitat au Liban incluent les suivants :

- les plages de sable et de galets, qui se trouvent uniquement dans quelques zones protégées des courants et de l'action des vagues et estimées à environ 20 % du total de la côte libanaise. La plupart des plages de sable et de galets ont été perdues en raison des activités d'exploitation avec une perte signalée de 462 022 m<sup>3</sup> de sable dans huit localités littorales.
- les prairies de zostère—zones infralittorales avec une structure sédimentaire meuble qui comprend différents types d'habitats uniques occupés par une espèce de phanérogame (*Zostera nolti*). Au Liban, ce type d'habitat est menacé par le dragage du sable, la pollution de l'eau et un large éventail d'activités anthropogéniques.

- *les dunes de sable* sont l'un des seuls habitats au Liban qui soient formés sur la côte par des processus naturels. Ils sont sous l'influence d'un ensemble de processus dynamiques qui provoquent des modifications de leur géographie. Les dunes de sable côtières sont d'une grande importance écologique et représentent une niche pour plusieurs plantes particulières qui les stabilisent également en plus d'être la première ligne de défense contre les tempêtes générées en mer. Au Liban, malheureusement, cet écosystème est menacé en raison de l'appropriation des terres, de l'extraction de sable pour la construction et de l'érosion des plages provoquée par des facteurs à la fois naturels et anthropogéniques.
- *les rivages rocheux* ont des caractéristiques uniques. Ce sont des plateformes bien développées d'une construction biologique particulière : faciès avec vermétides. Une association de plusieurs espèces (*Vermetus triqueter* et *Dendropoma petræum*) développe ces formations organogènes de façon très lente. Cet habitat constitue un élément majeur du paysage côtier rocheux et est considéré comme un marqueur biologique pour le niveau de l'eau et un indicateur précis pour le littoral. Au Liban, on trouve souvent des plateformes fossiles similaires, mais elles sont menacées par des activités anthropogéniques notamment la pollution, le remplissage de la mer et l'artificialisation de la côte. En outre, l'ensemble du système du récif fonctionne comme une barrière importante contre les vagues et protège la côte de l'érosion et la rupture des vagues générées par les tempêtes.

965. Des conditions similaires existent en Israël. Les types d'habitat dominants le long de la côte israélienne sont : des récifs de vermétides composés d'une série de plateformes arrondies au large avec des bords relevés, parallèles à la côte. Les plateformes de récif (0 à 1 m) sont formées par les gastropodes vermétides sessiles grégaires *Dendropoma petræum* et *Vermetus triqueter*, endémiques de la Méditerranée. Voici d'autres habitats benthiques : les sables sublittoraux bien triés ; les fonds côtiers de sable limoneux ; les fonds côtiers détritiques ; les fonds côtiers d'argile limoneuse ; les formations coralligènes ; les vases bathyales. Il est à noter qu'aucune prairie de *Posidonia* n'a été signalée en Israël.

966. L'Égypte est un peu différente. Les cinq zones humides (« lagunes » ou « lacs ») de la côte nord de l'Égypte doivent leur importance exceptionnelle à leurs grandes biodiversité et productivité. Quatre d'entre elles appartiennent au système deltaïque du Nil, Mariout, Edku, Burullus et Manzala. La cinquième, le lac Bardaweel, sur la côte du Sinaï, est indépendante du delta. Les quatre lacs ou lagunes sont des dépressions saumâtres peu profondes (1 à 1,5 m de profondeur) situées à la bordure nord des terres cultivées. Elles dépendent presque entièrement des eaux usées agricoles apportées par plusieurs canaux de drainage. Sauf pour le lac de Mariout, qui est enclavé, il existe également une marée limitée qui se mélange à l'eau de mer autour des connexions lac-mer. Elles agissent donc comme des bassins de transition où ont lieu des biotransformations actives entre les eaux intérieures et la Méditerranée côtière. Les lagunes côtières apportent les services habituels types des eaux de transition. Dans la zone au large d'Alexandrie, *Posidonia* pousse en plaques disséminées dans des eaux peu profondes à 2-8 m, les prairies d'eau plus profonde couvrant des aires plus étendues. Des prairies poussent également à l'ouest d'Alexandrie à des profondeurs allant jusqu'à 26 m. Les lits à l'ouest sont en continuité avec les lits d'Afrique du nord le long de la Libye, de l'Algérie et de la Tunisie. Les prairies d'Alexandrie représentent l'extension la plus à l'est de ce phanérogame le long de l'Afrique du nord car elles sont absentes du delta du Nil et de la côte d'Israël. Seuls les lits d'Alexandrie et ceux d'El Dabaa ont été étudiés. Les prairies occidentales sont plus saines et plus denses que les prairies d'Alexandrie.

967. Le littoral ouest comprend plusieurs points névralgiques de biodiversité, en particulier les rochers de Mersa Garbub-Ishaila (31° 31' ; N, 26° 37') et le golfe de Salloum (31° 35'N, 25° 7'E à 25°30'E). Les rochers d'Ishaila sont une série de nombreuses îles rocheuses qui n'ont jamais été étudiées. Étant à proximité de grandes profondeurs, leur écosystème est plus probablement très différent de celui des côtes rocheuses ailleurs le long de la côte est et d'Alexandrie. Ils seraient également un sanctuaire important pour les oiseaux marins. Les prairies de zostère marine (*Posidonia oceanica*) avec les poissons et la faune invertébrée associés s'étendent dans les eaux peu profondes. Les plages de sable le long de Mersa Garbub ont été identifiées comme des aires de nidification pour les tortues marines. Le site rocheux de Mersa Garbub-Ishaila est recommandé comme réserve marine pour protéger un important point névralgique de biodiversité et une zone de reproduction pour les oiseaux, poissons, invertébrés et tortues marines. Il se trouve à 65 km à l'ouest de Marsa-Matrouh. Le golfe de Salloum est caractérisé par plusieurs centaines de mètres de hautes falaises avec plusieurs espèces de plantes endémiques. Les falaises et les grottes pourraient être un

habitat approprié pour les phoques moines méditerranéens, mais cela nécessite confirmation. Les plages de sable du golfe conviennent tout à fait à la nidification des tortues marines et des pistes ont effectivement été observées. *Posidonia oceanica* pousse à 200 km à l'ouest de Marsa-Matrouh et reste intacte malgré le tourisme. Sa protection présente donc une certaine urgence.

968. La plupart des descriptions d'habitat font référence au fond de la mer et la colonne d'eau est souvent considérée comme un simple moyen pour l'organisme d'y vivre. Cependant, la colonne d'eau est loin d'être uniforme. En fait, les caractéristiques de la côte interfèrent souvent avec les principaux schémas actuels, créant des conditions qui, bien que temporaires, peuvent être de grande importance pour certaines espèces. Les tourbillons, les jets, les eaux plongeantes, les sites de ruissellements terrestres intenses, entre autres, établissent des conditions océanographiques particulières qui déterminent les caractéristiques propres d'au moins quelques parts de biodiversité.

## 6.5 Pressions et impacts

### 6.5.1 Contamination par des substances dangereuses

#### Métaux en traces

969. Un projet d'analyse des métaux en traces représentatifs dans les sédiments et le biote des mers Égée et Levantine par le PNUE/PAM — MED POL (2009a), malgré le manque de données dans certains pays (notamment la Syrie et le Liban), a révélé des schémas de source anthropogénique de ces métaux en traces provenant de sources terrestres ponctuelles et diffuses donnant des informations utiles sur l'identification de points névralgiques dans la zone, bien que non exhaustives.

970. L'analyse des métaux en traces représentatifs dans les sédiments des mers Égée et Levantine par le PNUE/PAM — MED POL (2009a) a révélé une médiane relativement faible (Tableau 6.1), tandis que des concentrations accrues ont été détectées à proximité de grandes villes côtières.

Tableau 6.1 : Médianes et plages de concentrations de métaux en traces dans les sédiments et les moules de la Méditerranée orientale ( $\mu\text{g/g}$  p.s.) selon la base de données MED POL

	Cd Médiane (plage)	HgT Médiane (plage)	Pb Médiane (plage)	Zn Médiane (plage)	Cu Médiane (plage)
Sédiments	0,11 (0,01-8,47)	0,16 (0,00-5,18)	5,9 (0,03-132,3)	26,8 (0,07-1505)	11,2 (0,31-198)
Moules	0,36 (0,05-5,27)	0,06 (0,01-0,63)	2,09 (0,84-5,97)	68 (6,7-325)	5,90 (1,01-36,1)

Dans les zones côtières égéennes de la Grèce, les concentrations de métaux dans les sédiments ont été déterminées par la minéralogie locale : Pb 5 à 36  $\mu\text{g/g}$  dans la baie de Kavala, 14,0 à 59,6  $\mu\text{g/g}$  dans l'île de Lesbos, 40 à 115  $\mu\text{g/g}$  dans le golfe de Thessalonique, mer Égée du nord ; Cd 0,10 à 0,22  $\mu\text{g/g}$  (SoHeLME, 2005, base de données MED POL), mais Pb 60 à 239  $\mu\text{g/g}$  dans l'île volcanique de Milos dans les Cyclades et Ni jusqu'à 2 500  $\mu\text{g/g}$  dans la baie non polluée de Kaloni, île de Lesbos, en raison de minéraux ultrabasiques (Gavriil et Angelidis, 2006). Dans les golfes à proximité de grandes villes, les concentrations de métaux se sont améliorées : golfe Saronique (Athènes) Cd 0,057 à 0,404  $\mu\text{g/g}$ , Pb 18 à 113  $\mu\text{g/g}$  ; golfe de Thermaïkos (Thessalonique) Cd 0,11 à 1,52  $\mu\text{g/g}$ , Pb 16 à 159  $\mu\text{g/g}$  (YPEXODE 2000), sur la côte égéenne et méditerranéenne de la Turquie, les concentrations de métaux étaient également faibles dans les aires non polluées (Cd 0,02 à 0,06  $\mu\text{g/g}$ , Pb 5,6 à 53  $\mu\text{g/g}$ ), avec des concentrations plus élevées détectées à proximité des grandes villes (Izmir Cd jusqu'à 0,315  $\mu\text{g/g}$ , Pb jusqu'à 0,132  $\mu\text{g/g}$ , Iskenderun Cd jusqu'à 0,409  $\mu\text{g/g}$  (base de données MED POL). Des valeurs similaires ont été trouvées dans les zones côtières non polluées égyptiennes (Damiette et Port Saïd) (Cd 0,02  $\mu\text{g/g}$ ) et dans la baie polluée d'El Mex (Cd 0,31  $\mu\text{g/g}$ ), selon la base de données MED POL.

971. La couverture spatiale des métaux en traces dans les eaux grecques est illustrée par la Figure 6.7 (SoHeLME, 2005).

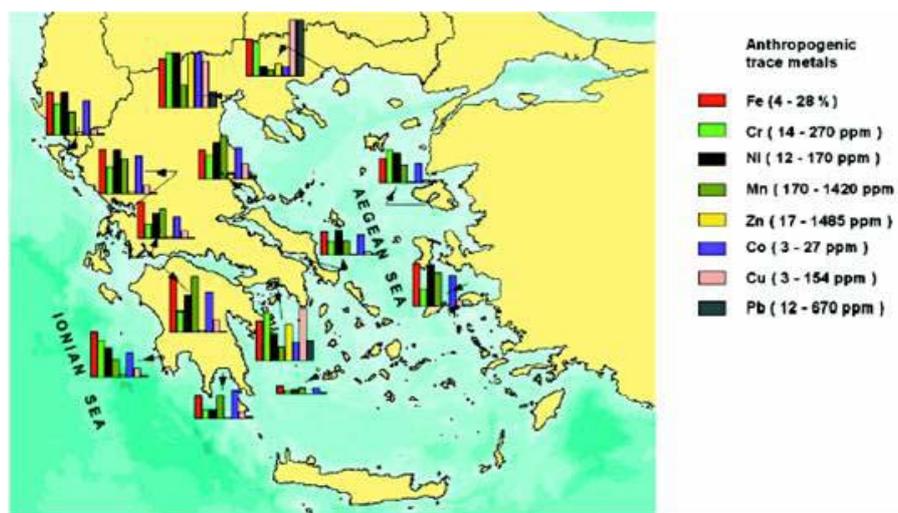


Figure 6.7 : Répartition des métaux lourds, estimée par les mesures de la composante anthropogénique (valeurs moyennes sur l'année) (source : réimprimé à partir de SoHelMe, 2005)

972. L'analyse des métaux en traces dans le biote est plus complète, car elle englobe presque tous les pays de la région (sauf le Liban et la Syrie) ; les valeurs indiquées sont faibles en général pour la région dans le cas de *Mytilus galloprovincialis*. Le Tableau 6.3 analyse la bioaccumulation de métal uniforme apparue chez *Mullus barbatus* dans la région, mais certaines stations de Grèce et de Turquie affichent des niveaux plus élevés de Cd et Cu. En général, l'accumulation détectée était plus élevée chez les moules que chez les poissons avec des valeurs déclarées, hors des points névralgiques, du même ordre de grandeur que celles obtenues lors des PNUE/PAM — MED POL I et II (PNUE/PAM — MED POL, 2009a).

Tableau 6.2 Concentrations de métaux dans le biote ( $\mu\text{g/g}$  ps)

Espèce	Zone	Cd	HgT	Pb	Zn	Référence
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Mer Égée (Grèce)	Médiane 0,72	Médiane 0,24	Médiane 2,22	Médiane 136	SoHelMe, 2005
	Golfe Saronique (près d'Athènes), Grèce	Médiane 0,90		Médiane 13,52	Médiane 112	SoHelMe, 2005
	Golfe de Thermaikos (Thessalonique)	Médiane 1,02	Médiane 0,29	Médiane 1,80	Médiane 77,5	SoHelMe, 2005
	Mer Égée (Turquie)	0,21 – 2,74*		2,58 – 9,05*	84,8– 195,5*	Sunlu <i>et al.</i> , 2006
	Baie d'Izmir, Turquie	0,028 * (0,025-0,03)	0,018 * (0,017- 0,83)	0,4 * (0,38-0,42)	27,7 * (26,9-28,5)	Kucuksezgin <i>et al.</i> , 2008
Bivalves ( <i>Donax trunculus</i> )	Égypte (Damiette, Port Saïd, El Jamil)	0,003– 0,006	0,009– 0,049	0,01-0,10		Base de données MED POL
Bivalves ( <i>Ruditapes decussatus</i> )	Égypte (baie d'El Mex — polluée)	0,018	0,018	0,175		Base de données MED POL
<i>Mullus barbatus</i> (flesh)	Mer Égée et zones côtières (Grèce)	Médiane 0,02	Médiane 0,033	Médiane 0,91	Médiane 16,8	SoHelMe, 2005
	Mer Égée (Turquie)	0,01 * (0,002– 0,02)	0,38 * (0,07-0,83)	0,53 * (0,17-0,86)		Kucuksezgin <i>et al.</i> , 2001

- Valeurs converties en ps en supposant 19 et 24 % ps respectivement pour MF et MB

973. Les composés organochlorés [PCB (biphényles polychlorés), DDT (dichlorodiphényltrichloréthane), HCH (hexachlorohexanes, dont  $\gamma$ -HCH lindane est le plus infâme représentant) et HCB (hexachlorobenzène)] sont des composés fortement toxiques persistants et bioaccumulables. Les niveaux de certains polluants organiques persistants, à savoir les biphényles polychlorés (PCB), dichlorodiphényltrichloréthane et les produits de dégradation (DDT) et l'hexachlorobenzène, dans les sédiments méditerranéens (de 1971 à 2005), avec leurs principaux facteurs et pressions, ont été évalués par Gomez-Gutierrez *et al.* (2007) ; des lacunes ont également été identifiées. Les grandes villes ont été reconnues comme sources critiques de pollution par substances dangereuses, puisque la plupart des « points névralgiques » se trouvent dans les sédiments alentours (Alexandrie et Port Saïd en Égypte et Athènes et Thessalonique en Grèce). De même, de fortes concentrations de substances dangereuses se trouvent dans les sédiments situés dans les embouchures de cours d'eau et les estuaires des principaux fleuves (Nil) et lagunes (Lac de Manzala en Égypte) d'Égypte.

974. Les valeurs maximales de PCB et DDT en Méditerranée ont été trouvées dans l'embouchure du Nil, allant de 53 à 1 500 ng/g pour les PCB (arochlore) et de 29 à 826 ng/g pour les DDT (El-Did et Badawy, 1985 ; Abd-Allah *et al.*, 1992). Dans la mer Égée, de fortes concentrations des composés cibles ont été trouvées dans le golfe Saronique, près du Pirée et dans le golfe de Thermaïkos, près de Thessalonique (Grèce). Les plus fortes valeurs disponibles pour la région du Pirée correspondent aux années 1970 reflétant probablement l'état de contamination lorsque ces produits étaient toujours fabriqués et utilisés dans la région (Dexter et Pavlou, 1973). Cependant, une étude récente a montré également des concentrations élevées de PCB et de DDT (Hatzianestis et Botsou, 2005). Par ailleurs, en se basant sur le ratio DDT/DDE, les auteurs indiquent que l'élimination récente de DDT a probablement eu lieu dans la région. En outre, les concentrations récemment rapportées dans les quartiers commerciaux du Pirée et Thessalonique ont également montré des niveaux élevés (Pirée : jusqu'à 76 ng/g de DDT et 927 ng/g d'arochlore (Galanopoulou *et al.*, 2005), Thessalonique : jusqu'à 33 ng/g de DDT et 299 ng/g de PCB (eq. alochlore) (Gomez-Gutierrez 2007)).

975. Dans la partie sud-est du bassin méditerranéen, les sédiments au large de la ville d'Alexandrie ont montré des niveaux élevés de pollution (PCB (eq. alochlore)). 0,1 à 96 ng/g, DDT 0,7 à 299 ng/g, HCB 0,1 à 1,3 ng/g, Gomez-Gutierrez, 2007). La côte d'Alexandrie et, en particulier, les baies semi-fermées (Abu-Quir et El-Mex) subissent la décharge de déchets agricoles et industriels non traités provenant des principaux centres urbains, ainsi que le ruissellement agricole diffus. En fait, deux principales évacuations déversent des déchets industriels, agricoles et domestiques directement dans la Méditerranée via ces deux baies (Abd-Allah et Abbas, 1994). À partir de l'analyse des données récentes, les PCB, DDT et HCB sont les composés qui préoccupent dans la région (Barakat, 2004).

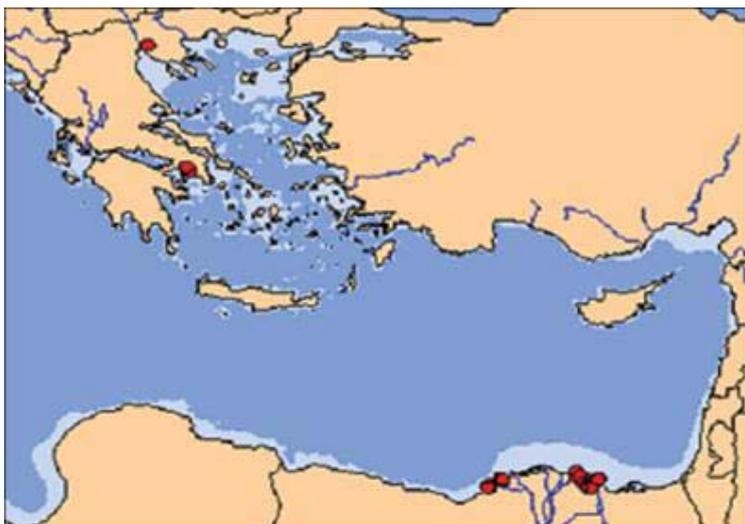


Figure 6.9 : « Points névralgiques » identifiés pour les concentrations de PCB, DDT et HCB 4 dans les sédiments méditerranéens (source : réimprimé à partir de Gomez-Gutierrez *et al.* (2007))

976. Les pesticides chlorés ont été largement analysés dans le biote méditerranéen depuis la création du PNUE/PAM — MED POL (PNUE, 1990). Cependant, ce n'est que depuis la dernière décennie qu'ils ont été surveillés de façon continue et que les données ont été rassemblées dans la base de données du PNUE/PAM — MED POL et, dans le cas des mers Égée et Levantine, l'analyse spatiale est limitée à Chypre (poisson) et à la Turquie (moules et poisson), comme indiqué dans le tableau 6.4. Dans la dernière évaluation, les concentrations d'aldrine, de dieldrine, d'endrine, de lindane et d'hexachlorobenzène chez *Mytilus galloprovincialis* en Méditerranée sont dans la plage inférieure ng/g, à l'exception de certaines stations de Turquie où les concentrations de DDT étaient d'un ordre de grandeur supérieur (PNUE/PAM — MED POL 2009a).

Tableau 6.4 : Médianes et plages de concentrations de polluants organiques dans le biote de la Méditerranée orientale (µg/g p.s.) selon la base de données MED POL

	Médiane Σ DDT (plage)	Médiane Lindane (plage)	CB138 Médiane (plage)	CB153 Médiane (plage)	Médiane Σ7CB (plage)
Moules ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> )	17,44 (6,02-440)		0,21 (0,01-20,6)	0,33 (0,02-32,4)	1,13 (0,07-110)

977. Dans la mer Égée, les concentrations moyennes de DDT variaient de 50 à 93 ng/g ps (Giouranovits-Psyllidou *et al.*, 1994) tandis que les concentrations de DDD et DDE étaient de 45 à 94 ng/g (68 ng/g en moyenne) (Kucuksezgin *et al.*, 2001).

978. Les concentrations d'organochlorés accumulés dans le biote destiné à la consommation de l'Homme dans la région sont relativement élevées et en-dessous des limites sanitaires (SoHeIME, 2005). L'analyse spatiale de la bioaccumulation organochlorée dans le biote dans le milieu côtier grec est présentée sur la Figure 6.10.

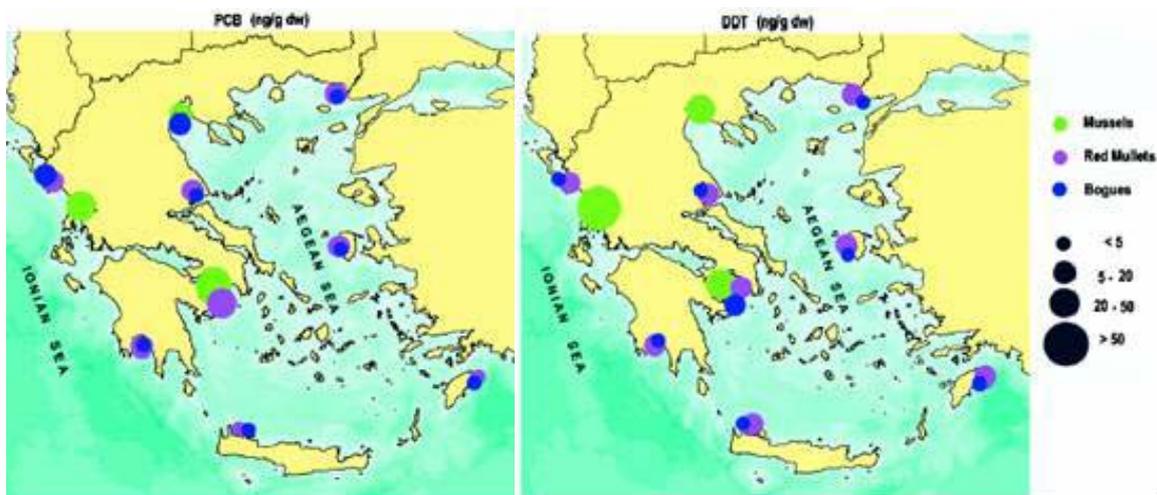


Figure 6.10 : Concentrations de PCB (à gauche) et DDT (à droite) chez les moules et les poissons (ng/g ps) dans les mers grecques (réimprimé à partir de SoHeIME, 2005)

979. L'analyse a prouvé la présence d'un gradient de contamination lorsque les moules ont été utilisées comme indicateur. Deux zones ont été identifiées comme sources de métaux lourds dans le biote : une zone de pollution aux PCB (golfe Saronique — effluents industriels et urbains) et une zone contaminée aux DDT (golfe d'Amvrakikos — effluents agricoles). D'autre part, l'analyse spatiale de la bioaccumulation chez le poisson a révélé un schéma homogène n'indiquant aucune source ponctuelle de pollution (SoHeIME, 2005).

### *Substances dangereuses dans le biote supérieur*

980. On sait très peu de choses sur les concentrations de métaux lourds dans les tissus des cétacés qui vivent en Méditerranée orientale. Un échouage de dauphins de Risso (*Grampus griseus*) sur la côte méditerranéenne d'Israël a révélé des concentrations élevées de métaux en traces (Hg, Cd, Zn, Fe et Se) (foie Hg 1 326 µg/g ph, Cd 14,3 µg/g ps), tandis que les concentrations de Cu et Mn sont restées naturellement basses. On n'a pu mettre en évidence aucun lien entre les concentrations élevées de métaux en traces dans les organes internes et la cause du décès et il a été supposé que les fortes concentrations résultaient du niveau trophique élevé de cette espèce, de son régime et de son âge avancé. L'influence anthropogénique n'a pas pu être évaluée en raison de la base de données éparse sur les métaux en traces pour cette espèce, en particulier le manque de connaissances sur les niveaux naturels (Shoham-Fridera *et al.*, 2002).

981. L'examen de la teneur en métaux lourds chez 61 grands dauphins et 8 dauphins bleus et blancs échoués en Israël de 1993 à 2001 (la première grande série jamais signalée avec l'étendue de métaux et de tissus analysés) a permis d'établir des comparaisons qualitatives avec les découvertes provenant d'observations réalisées ailleurs en Méditerranée. Il semble que les niveaux de mercure tendent à être similaires tandis que les niveaux de cadmium (au moins dans les muscles et le foie) (foie Hg 0,97 à 419 µg/g ph, Cd 0,07 à 9,0 µg/g ph) sont inférieurs en Méditerranée occidentale dans le cas des grands dauphins, alors que le dauphin bleu et blanc est semblable à la population tyrrhénienne-ligurienne en ce qui concerne les taux de mercure, mais il pourrait se distinguer par ses concentrations plus élevées de cadmium et zinc dans les muscles et le foie (Roditi-Elasar *et al.*, 2003).

982. Les concentrations en métaux lourds (Hg, Cd et Pb) ont été déterminées dans les organes internes et les teneurs des nids des tortues vertes *Chelonia mydas* et des tortues caouannes *Caretta caretta* du nord de Chypre. Les concentrations en mercure des tissus du foie étaient plus élevées chez les tortues caouannes (médiane de 2,41 µg/g poids sec) que chez les tortues vertes (0,55 µg/g poids sec). Les données ont suggéré que les concentrations en cadmium étaient les plus élevées dans les tissus rénaux chez les tortues caouannes (médiane de 30,50 µg/g poids sec), mais dans les tissus du foie chez les tortues vertes (5,89 µg/g poids sec). Les concentrations de plomb dans les tissus internes étaient souvent inférieures aux limites de détection analytiques chez les deux espèces, mais lorsqu'elles étaient mesurables, elles avaient tendance à être supérieures chez la tortue caouanne. Ces résultats suggèrent que les niveaux de métaux chez les tortues vertes et caouannes ne sont pas susceptibles d'être suffisamment élevés pour affecter la santé de ces espèces menacées (la seule exception à cela pourrait être des concentrations de plomb relativement élevées chez les jeunes tortues caouannes et peut-être également chez les jeunes tortues vertes (Godley *et al.*, 1999)).

983. Ces données de Chypre sont comparables à celles rencontrées chez des spécimens dans d'autres parties de la mer Méditerranée, par exemple en Adriatique (Storelli *et al.*, 2009) et à Murcie, en Espagne (Jerez, 2010), confirmant l'homogénéité de la région comprenant le bassin sud-est de la Méditerranée d'un point de vue écologique.

984. Les concentrations de métaux lourds ont été mesurées dans les tissus des grands dauphins communs recueillis le long de la côte méditerranéenne israélienne entre 2004 et 2006. Ces concentrations sont similaires à celles trouvées chez les spécimens recueillis au cours des années précédentes dans la région, suggérant alors une stabilité dans le temps des niveaux d'HM dans la chaîne alimentaire du bassin (Shoham-Fridera *et al.*, 2009).

### *Hydrocarbures chlorés*

985. Les cétacés et phoques, grands prédateurs dans le milieu marin, ont une capacité réduite à métaboliser les produits chimiques hydrophobes persistants par rapport aux oiseaux et aux mammifères terrestres. Ils accumulent des niveaux élevés de ces composés dans la chaîne alimentaire et sont plus exposés à leurs effets toxiques et, par conséquent, sont considérés comme bioindicateurs potentiels pour la contamination organochlorée du milieu marin. Les concentrations de PCB et ΣDDT dans les tissus des grands dauphins, recueillis le long de la côte méditerranéenne israélienne entre 2004 et 2006, étaient plus élevées dans la graisse, avec une grande plage de concentration (respectivement 0,92 à 142 et 0,05 à 7,9 µg/g ph) (Georgakopoulou-Gregoriadou *et al.*, 1995).

986. Les valeurs de PCB de la graisse étaient d'un ordre de grandeur inférieur à celui des tissus de ce dauphin et d'autres espèces en Méditerranée occidentale. Un pourcentage de DDE/ΣDDT relativement élevé (85 à 96 %) a été découvert, ce qui correspond à la tendance générale d'augmentation au cours des 20 dernières années en Méditerranée, indiquant la dégradation progressive des DDT restants et l'absence de nouveaux apports. Ces résultats concordaient avec ceux reportés de Grèce pour *Stenella caeruleoalba* par Georgakopoulou-Gregoriadou *et al.* (1995).

987. Les concentrations de diphényles chlorés (CB) et de pesticides organochlorés (OCP) individuelles dans les tissus des tortues marines recueillies dans les eaux méditerranéennes (Chypre, Grèce) et européennes atlantiques (Écosse) entre 1994 et 1996 ont été décrites. Les concentrations de ΣCB étaient plus élevées dans les tissus adipeux et variaient de 775 à 893, 39 à 261 et 47 à 178 mg/kg poids humide chez les tortues caouannes (*Caretta caretta*), vertes (*Chelonia mydas*) et luths (*Dermochelys coriacea*), respectivement.

988. Les concentrations mesurées de contaminants chez les tortues marines de Méditerranée étaient similaires à celles déterminées chez les mêmes espèces ailleurs dans l'Atlantique et étaient bien inférieures aux concentrations qui provoquent des effets délétères chez les tortues d'eau douce (Mckenzie *et al.*, 1999).

989. La graisse des phoques moines méditerranéens (*Monachus monachus*), provenant de la côte du Sahara occidental (Atlantique) prélevée entre 1996 et 1999 et de la côte grecque prélevée entre 1995 et 1999, a été analysée pour vérifier la présence de polluants organochlorés (OC). Des différences significatives de concentrations et de modèles de polluants ont été notées entre les populations. Les individus méditerranéens présentaient des niveaux bien supérieurs de HCB (hexachlorobenzène), PCB et DDT et des ratios DDE/tDDT et tDDT/tPCB que leurs homologues de l'Atlantique. Par ailleurs, la proportion relative des différents congénères par rapport à la charge totale de PCB (congénères/tPCB) était également différente entre les deux régions indiquant une prédominance des apports industriels sur ceux associés à l'agriculture en Atlantique par opposition à la population de phoques méditerranéens où une contribution proportionnellement supérieure d'origine agricole a été suggérée (Borrell *et al.*, 2007).

#### Radionucléides

990. La Méditerranée orientale est définie comme une région de forte radioactivité naturelle (Henriksen et Maillie, 2003). D'autre part, la Méditerranée, dans son ensemble, est caractérisée par des niveaux faibles de radionucléides anthropogéniques par rapport aux océans du monde (IAEA, 2005). Récemment, la principale source de radionucléides anthropogéniques en Méditerranée s'est avérée être les retombées mondiales (accidents et essais nucléaires atmosphériques, par exemple Tchernobyl en 1986). Les apports dérivant de l'industrie nucléaire sont très faibles comparés à d'autres sources.

991. Une étude récente (Thebault *et al.*, 2008) a révélé que les niveaux de <sup>137</sup>Cs chez les moules de stations du nord de la mer Égée (Thessalonique et Limnos) étaient les plus élevés de Méditerranée (0,1 à 0,12 Bq/Kg ph), tandis qu'ils étaient nettement inférieurs (0,02 à 0,06 Bq/Kg ph) sur la côte sud de la Turquie (Antalya, Botas, Akkuyu et baie de Fethiye). Toutes les concentrations de <sup>137</sup>Cs étaient très faibles, cependant les différences étaient attribuées à la signature persistante des retombées de l'accident de Tchernobyl en Méditerranée.

#### 6.5.2 Activités d'immersion (introduction de substances et impact)

992. On sait relativement peu de chose sur les perturbations causées par l'élimination des déchets solides industriels ou le dragage sur les communautés benthiques marines. Les études dans les eaux grecques ont démontré des effets des résidus comparables à ceux de la pollution organiques. L'immersion de déchets métallifères grossiers, à environ 75 m de profondeur, a eu des effets essentiellement indirects sur la faune benthique, par la modification de la composition granulométrique des sédiments et l'augmentation de l'instabilité de l'environnement (Nicolaidou *et al.*, 1989). La surveillance continue de la région et la longue évaluation sur une période de plus de 10 ans ont vérifié ce modèle classique de variation des paramètres de la communauté le long d'un gradient de stress qui augmente comme la pollution organique ; les variations spatiales et temporelles observées sur les communautés macrozoobenthiques sous la pression de la décharge de déchets solides étaient essentiellement attribuables aux effets physiques de la décharge comme la turbidité et

les effets mécaniques des résidus sédimentés et remis en suspension. Les effets directs sur la structure de la communauté, comme l'a montré la comparaison avec un site de référence, incluent le déclin de la diversité et de la richesse des espèces (Simboura *et al.*, 2007).

993. La pollution en Méditerranée orientale (mers Égée et Levantine) s'est principalement manifestée par les impacts des substances dangereuses et l'eutrophisation. La pollution maritime, provenant des villes, de l'industrie et des sites touristiques, est importante, mais localisée. La présence de macro-déchets sur les plages et en haute mer a un impact considérable (PNUE/PAM — CAR/PB 2009), mais n'a pas été quantifiée.

### 6.5.3 Enrichissement en nutriments et en matières organiques

994. Comme décrit précédemment, les principales caractéristiques de chlorophylle a et de l'analyse nutritionnelle incluent le gradient général dans la biomasse d'algues du nord au sud et de l'ouest à l'est du bassin oriental, les « noyaux ultra-oligotrophes » du bassin Levantin sud (correspondant aux tourbillons de Mersa-Matruh et Shikmona), le panache du Nil, le gradient nord-sud dans la biomasse d'algues de la mer Égée, attribué aux effets combinés des apports fluviaux, en hiver au nord, et le signal des nutriments atteint les eaux de la mer Noire.

995. Selon Ludwig *et al.* (2009), bien que les résultats des analyses indiquaient que la pollution à l'azote n'était pas un problème majeur dans les cours d'eau méditerranéens et était généralement dominée par des sources diffuses, en particulier l'agriculture, qui est caractérisée dans le sud de l'Europe par des pratiques de culture moins intensives, ils dépeignent l'évolution des engrais azotés et la charge drainée (en particulier dans la mer Égée) et indiquent qu'aucune tendance claire n'a pu également être observée pour le phosphore dont la pollution est normalement dominée par des sources ponctuelles, comme les eaux usées urbaines, l'évolution des flux fluviaux de nutriments montre des flux d'azote et de phosphore croissants, renforcés par les activités anthropogéniques dans les bassins de drainage.

996. Cependant, les nutriments anthropogéniques n'ont pas suivi exactement les mêmes tendances. Les efforts entrepris pour atténuer les pollutions de source ponctuelle dans les années 1980 et 1990 ont eu un impact immédiat sur les charges de phosphore ; après une augmentation dramatique dans les années 1960 et 1970, le phosphore a rapidement diminué au début des années 1960. Le schéma est un peu différent pour l'azote, principalement émis par des sources diffuses comme les engrais. L'azote a suivi une augmentation plus ou moins continue sur la période étudiée, avant de commencer à diminuer seulement récemment dans l'ensemble du bassin, mais pas dans le bassin oriental (Ludwig *et al.*, 2009). Les cours d'eau des mers Méditerranée et Noire se caractérisent actuellement par un fort excès d'azote supérieur au phosphore et à la silice. D'une façon intéressante, la production primaire brute soutenue par les cours d'eau représente seulement moins de 2 % de la production brute en Méditerranée ; de possibles impacts écologiques pourraient par conséquent être visibles seulement dans les aires productives du littoral (Ludwig *et al.*, 2009).

997. Enfin, les données sur les dépôts atmosphériques ont tendance à être considérées comme non conformes pour soutenir des calculs fiables pour la Méditerranée orientale (PNUE/PAM, 2007b). Certaines informations existent sur les flux de dépôts humides de nutriments inorganiques (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) sur des sites le long de la côte méditerranéenne d'Israël, qui ont fait partie d'une étude à long terme (PNUE/PAM — MED POL Phase II et III des activités de surveillance, Herut *et al.*, 1999, Herut, 2005). Herut (2005) a établi un rapport sur les dépôts atmosphériques secs de N et P dans le sud-est de la Méditerranée en se concentrant sur le rôle de la poussière du Sahara dans l'amélioration de la production primaire.

998. Des informations sur les points névralgiques de rejets de nutriments et de matières organiques ont été identifiées par le PNUE/PAM dans le sud-ouest de la mer Égée (golfe de Thermaïkos — des cours d'eau et eaux usées de la ville de Thessalonique), aux embouchures des cours d'eau dans le nord de la mer Égée, dans la zone côtière d'Izmir dans le nord-est de la mer Égée (baie d'Izmir), sur la côte libanaise et israélienne dans le sud-est de la Méditerranée et dans la zone littorale face à Alexandrie et dans le système deltaïque du Nil (PNUE/PAM — CAR/PB, 2009) (Figure 6.11).

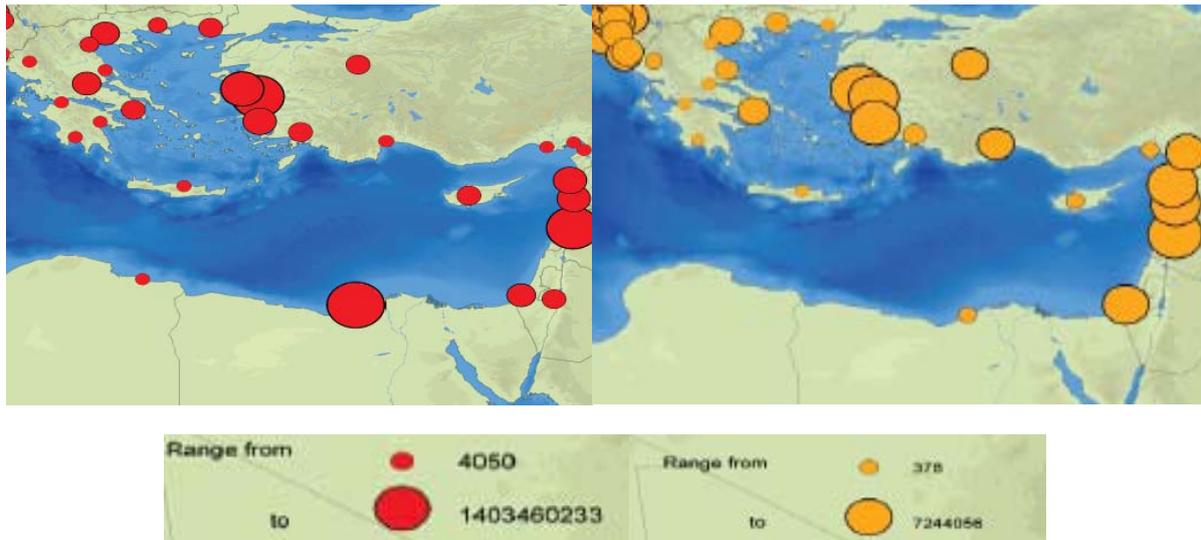


Figure 6.11 : Rejets d'azote industriel total (à gauche) et de DBO (à droite) provenant de sources ponctuelles (source : PNUE/PAM — MED POL NBB, réimprimé à partir du PNUE/PAM — CAR/PB 2009)

999. Les mers Égée et Levantine ont connu une diminution des flux fluviaux. Une tendance à la baisse a été établie pour les mers Égée et Levantine sud, tandis qu'aucune tendance n'a pu être déterminée pour la mer Levantine nord. Les analyses des tendances et modèles des paramètres hydroclimatiques ont également révélé une diminution des précipitations en mer Égée (13 %) et Levantine sud (10 %), suivant alors la tendance générale des précipitations en Méditerranée et l'augmentation de la durée des périodes de sécheresse. D'autre part, les bassins de drainage des mers Égée et Levantine nord ont connu une baisse de la température, contrairement aux températures en forte augmentation dans l'ensemble du bassin.

1000. La Méditerranée orientale est un milieu extrêmement oligotrophe avec une productivité primaire limitée en phosphore. Toutes les sous-régions du bassin sont caractérisées par de faibles concentrations de chl-a tout au long de l'année, les plus faibles concentrations étant observées dans le bassin Levantin (à l'exception des eaux à la frontière du panache du Nil). Aucune tendance temporelle n'a pu être établie. Un cycle saisonnier marqué est observé dans les diverses régions, avec une diminution de la biomasse d'algues entre l'hiver et l'été avec de fortes variations interannuelles. La production primaire présente également des variations saisonnières et interannuelles. Les variations spatiales de chlorophylle dans les eaux de surface ont, en général, révélé que les plus hauts niveaux correspondaient aux zones proches des deltas fluviaux ou celles au large de grandes agglomérations urbaines. Les principales caractéristiques spatiales détectées incluent un gradient général dans la biomasse d'algues du nord au sud et de l'ouest à l'est du bassin oriental, les « noyaux ultra-oligotrophes » du bassin Levantin sud (correspondant aux tourbillons de Mersa-Matruh et Shikmona), le panache du Nil, le gradient nord-sud dans la biomasse d'algues de la mer Égée, attribué aux effets combinés des apports fluviaux, en hiver au nord, et le signal des nutriments atteint les eaux de la mer Noire.

1001. Les flux fluviaux ont donné lieu à des tendances croissantes de flux nutritifs dans le milieu marin renforcées par les activités anthropogéniques dans les bassins de drainage (malgré la diminution du flux fluvial) et de nutriments dans la mer pour N et P. Cependant, il existe une nette différence : l'azote a connu une augmentation constante, tandis que le phosphore a récemment entamé une tendance à la baisse (Ludwig *et al.*, 2009).

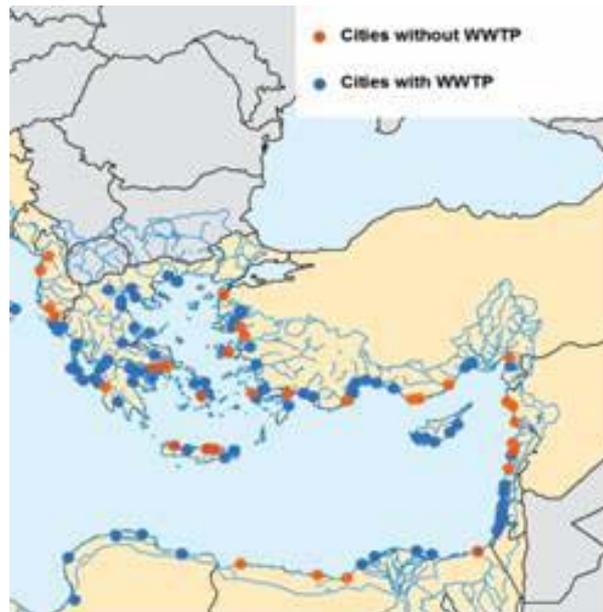


Figure 6.11 : Emplacement des usines de traitement des eaux usées sur la côte égéenne-levantine (source : PNUE/PAM — CAR/PB, 2009)

1002. Stamou et Kamizoulis (2009), en utilisant le PNUE/OMS, 1999 et le PNUE/PAM, données 2000 et 2004, ont estimé les charges de DBO<sub>5</sub>, TN et TP pour les conditions actuelles de rejets dans les 18 courants types côtiers de surface de la Méditerranée. Le Levantin, l'Asie mineure et la mer Égée s'avèrent être enrichis en DBO<sub>5</sub>, TN et TP dans la sous-région, bien que moins que la sous-région adriatique.

SCC	Area-Sea	BOD <sub>5</sub> maximum	BOD <sub>5</sub> average	TN maximum	TN average	TP maximum	TP average
1N	1-Alboran	6	4	7	5	3	2
1S	1-Alboran	10	4	9	2	4	1
2	2-Balearic	99	37	157	86	24	14
3	3-Algerian	43	17	24	10	10	4
4	4-Tyrrhenian	51	14	38	15	11	5
5W	5-Adriatic	630	106	235	93	26	11
5E	5-Adriatic	53	22	31	21	37	22
6W	6-Ionian	19	6	14	4	6	2
6E	6-Ionian	12	4	12	7	2	1
7N	7-Libyan	6	4	3	2	1	1
7W	7-Libyan	17	6	27	17	11	7
7S	7-Libyan	15	3	22	8	9	3
8	8-Levantine	142	25	75	35	30	14
9	9-Asia Minor	183	50	67	34	12	8
9C	9-Asia Minor	2	1	1	0	0	0
10W	10-Aegean	65	15	108	49	42	14
10E	10-Aegean	38	8	37	15	12	5
10S	10-Aegean	5	3	7	4	3	2

Figure 6.11 : Moyennes et valeurs de concentration maximales (mg/l) dans les 18 courants côtiers de surface pour les conditions existantes (réimprimé à partir de Stamou et Kamizoulis, 2009).

1003. Chypre est le seul pays où toutes les eaux usées produites sont traitées et réutilisées, il n'y a donc aucun rejet d'eaux usées dans la mer pour les villes de plus de 10 000 habitants (population permanente 330 300). Pour les 106 958 habitants qui vivent dans 24 villes côtières (ayant entre 2 000 et 10 000 habitants chacune), huit villes sont desservies par une station de traitement principale ou des réseaux de traitement individuels (PNUE/PAM — MED POL/OMS, 2004 et 2008).

1004. Sur les 5 161 000 habitants (dans des villes de plus de 10 000 habitants) en 2003, 50 % étaient desservis par une station de traitement des eaux usées. Cependant, Alexandrie semblait produire de grandes quantités d'eaux usées ayant subi un traitement primaire (74 % de la population est desservie par une usine de traitement des eaux usées) et les autres villes étaient soumises à un traitement secondaire. Il n'y avait pas de rejet direct des eaux usées traitées dans la mer. Concernant les eaux usées non traitées, il n'existait pas d'information adéquate sur les quantités ou le mode de rejet (PNUE/PAM — MED POL/OMS, 2004). Sur les 12 villes côtières (population comprise entre 2 000 et 10 000 habitants) avec une population résidente de 65 458 habitants, seulement deux exploitaient des usines de traitement des eaux usées. Le rejet des eaux usées traitées a été conduit dans la mer par des canaux. Les eaux usées non traitées ont été éliminées dans le sol, éventuellement dans le désert (PNUE/PAM — MED POL/OMS, 2008).

1005. D'après les informations de 2003, 7,2 millions de personnes habitaient 63 aires ayant chacune une population supérieure à 10 000 personnes qui se trouvaient près du littoral. Plus de 60 % de la population se trouve dans la plus grande zone d'Athènes (la capitale de la Grèce) et de Thessalonique. Seulement 10 % des eaux usées produites sont non traitées et les eaux usées traitées, dans la plupart des cas, sont éliminées après traitement secondaire par des égouts sous-marins ou, dans certains cas, par des rivières ou des cours d'eau vers la mer (PNUE/PAM — MED POL/OMS, 2004). Selon le PNUE/PAM — MED POL/OMS, 2008, 764 580 personnes résident dans 178 aires, ayant entre 2 000 et 10 000 habitants, qui se trouvent près de la côte et environ 31 % du nombre total de villes sont desservies par une STEP, 42 % n'ont pas d'installation de traitement tandis qu'un pourcentage significatif de 23 % sera desservi par un réseau de traitement (usines en construction/en projet). Les eaux usées, 61 322 m<sup>3</sup>/jour, étaient principalement rejetées dans le milieu aquatique (par un égout sous-marin, dans 36 % des cas, ou directement dans la mer, dans 55 % des cas). D'après les rapports, les eaux usées non traitées n'étaient pas directement rejetées dans le milieu marin, car, dans tous les cas, les eaux usées brutes provenant des ménages étaient collectées dans des fosses sceptiques.

1006. En Israël, l'ensemble des 3 640 000 habitants de 9 villes de plus de 10 000 habitants étaient desservis par des usines de traitement des eaux usées (sept en traitement secondaire et deux en traitement primaire (PNUE/PAM — MED POL/OMS, 2004)). Les 8 villes côtières (population comprise entre 2 000 et 10 000) avec une population résidente de 44 982 habitants étaient desservies par des usines de traitement des eaux usées, qui, dans tous les cas, fournissaient un traitement secondaire, tandis que seule une ville côtière sur les 8 était desservie à environ 50 % par une usine et utilisait des fosses sceptiques pour les 50 % restants (PNUE/PAM — MED POL/OMS, 2008). Dans les deux catégories, il n'y avait pas de rejet des eaux usées non traitées, tandis que les eaux usées traitées étaient principalement réutilisées.

1007. Les informations disponibles pour le Liban font référence uniquement aux villes (lieux) qui comptent une population supérieure à 10 000 habitants. Les installations pour les eaux usées desservent 32 % de la population de 2 256 000 personnes dans les grandes villes côtières (seulement une des sept villes, Beyrouth, était desservie par une usine de traitement primaire), tandis qu'un réseau de système d'eaux usées dessert les 68 % restants. Le total des eaux usées produites était de l'ordre de 300 000 m<sup>3</sup>/j, dont 70 % n'étaient pas traités et rejetés à l'état brut dans le milieu marin (PNUE/PAM — MED POL/OMS, 2004). Dans le rapport de 2008, les données concernaient 13 localités côtières avec une population totale de 5 675 000 habitants, dans 3 d'entre elles la population était desservie par une usine de traitement. Le degré de traitement des eaux usées était primaire pour 15 % du nombre total de cas et secondaire pour les 85 % restants (PNUE/PAM — MED POL/OMS, 2008).

1008. L'ensemble de la population des sept villes côtières syriennes de plus de 1 000 habitants (607 635 personnes) était desservi par un réseau et probablement par des services autonomes individuels pour les eaux usées, comme des fosses sceptiques ou d'autres systèmes similaires. La quantité totale d'eaux usées non traitées rejetées principalement dans la mer par de petits égouts sous-marins était de l'ordre de 60 000 m<sup>3</sup>/j (PNUE/PAM — MED POL/OMS, 2004). On trouve 53 villes côtières plus petites avec une population résidente totale de 205 776 habitants et aucune n'est desservie par une STEP. La quantité totale d'eaux usées non traitées rejetées entièrement dans le milieu marin atteignait 30 656 m<sup>3</sup>/j (PNUE/PAM — MED POL/OMS, 2008).

1009. En Turquie, un total de 41 grandes villes côtières étaient signalées et 62 % de la population disposait d'installations de traitement des eaux usées (19 stations de traitement des eaux usées desservaient environ 3 millions de personnes). La quantité signalée d'eaux usées traitées (environ

721 000 m<sup>3</sup>/j) était directement rejetée dans le milieu marin car, dans tous les cas, les eaux usées brutes des ménages étaient collectées dans des fosses sceptiques.

1010. Concernant l'enrichissement en nutriments et matières organiques, il est possible d'identifier des points névralgiques sous-régionaux. L'eutrophisation à partir de substances nutritionnelles a augmenté pendant 20 ans ; cependant elle se limite à des aires locales. En Grèce, le nord-ouest de la mer Égée avec le golfe de Thermaïkos (cours d'eau et eaux usées de la ville de Thessalonique), ainsi que les embouchures de cours d'eau du nord de la mer Égée et la baie de Saronique au large d'Athènes représentent les aires les plus sérieusement eutrophiées. Le détroit d'Istanbul, le détroit de Çanakkale et la mer de Marmara présentent de sérieux phénomènes d'eutrophisation, tout comme certaines régions dans le nord-est de la mer Égée (baie d'Izmir).

1011. Dans le sud-est de la Méditerranée, quelques cas d'eutrophisation ont été enregistrés dans les zones portuaires du Liban, en Israël et sur les côtes. Enfin, en Égypte, les ports de la région d'Alexandrie et le delta du Nil font fréquemment l'objet de phénomènes d'eutrophisation.

#### 6.5.4 Perturbations physiques et biologiques

##### *Impacts de la pêche*

1012. La plupart des informations sur l'activité des flottes de pêche en Méditerranée proviennent du groupe de travail du CSTEP et le groupe de travail benthique de la CGPM, du sous-comité de l'évaluation des stocks et de l'ICCAT pour les grands pélagiques, qui concerne l'activité des flottes des pays membres. Par conséquent, le CSTEP manque d'informations sur l'activité de la pêche des pays non-membres de l'UE (par exemple, d'Afrique du nord), bien que les projets de la coopération CGPM (Medfisis, COPEMED II, ADRIAMED et EASTMED) tentent de rectifier cela.

1013. Quelques inquiétudes existent au sujet du conflit entre les mammifères marins et la pêche dans la région, et en particulier d'une compétition de proies entre les humains et les dauphins. Bearzi *et al.* (2010) ont démontré que le dauphin qui s'alimentait n'affectait pas les rendements de la pêche, mais à l'inverse, que la pêche avait affecté la dynamique de population des grands dauphins. Les interactions entre le phoque moine et la pêche sont également à l'origine de préoccupations et méritent d'autres études dans la région.

1014. La pêche démersale pratiquée en Méditerranée orientale, en haute mer, peut être résumée ainsi : chalutage de fond, palangres de fond et filets maillants. La pêche hauturière opère actuellement sur les plateaux continentaux et quelques versants descendant jusqu'à moins de 800 m. Le chalutage de fond est une pratique très nuisible qui a été interdite en 2005 pour les fonds méditerranéens de plus de 1 000 m de profondeur afin de protéger la faune vulnérable des eaux profondes. Plusieurs plaines abyssales, qui abritent une faune de mer profonde peu connue et vulnérable, se trouvent dans toute la Méditerranée avec les terrains les plus profonds trouvés dans le bassin central (par exemple, fosse de Calypso dans la mer Ionienne, au sud-ouest de la Grèce).

1015. Les sites suivants sont considérés comme des aires notables de la sous-région, en particulier en ce qui concerne les impacts de la pêche dans les eaux libres méditerranéennes, y compris sur les écosystèmes démersaux et pélagiques :

- Mer de Thrace. L'écosystème démersal dans le golfe de Strymonikos et le plateau de Samothrace comme frayères importantes pour le merlu, où les activités de pêche au fond, principalement le chalutage, devraient être limitées.
- Mont sous-marin d'Ératosthène. Importants HS vulnérables aux activités de la pêche au fond. Déjà adoptée comme ZPR (zone de pêche réglementée) par la CGPM.
- Petites sources froides d'hydrocarbures du Nil. HS étant un milieu unique dans le bassin méditerranéen oriental qui a besoin d'être protégé des activités de pêche au fond nuisibles. Déjà adoptée comme ZPR (zone de pêche réglementée) par la CGPM.

1016. D'autres caractéristiques géologiques peuvent être vulnérables face à la pêche, car elles représentent des points névralgiques de diversité et sont un habitat pour la faune vulnérable comme les coraux froids. Elles incluent le mont sous-marin d'Ératosthène dans le bassin oriental (sud de Chypre) et les petites sources froides, les lacs de saumure et les bouches hydrothermales situés dans le bassin méditerranéen oriental (sud de la Crète et de la Turquie et près de l'Égypte).

### *Espèces invasives*

1017. Des transformations biologiques ont également eu lieu dans la sous-région de la Méditerranée orientale. Des espèces invasives, provenant en grande partie de la mer Rouge et des mers arabes, ont provoqué de grandes modifications des communautés biotiques de la sous-région.

1018. Tous les rapports nationaux décrivent une situation radicalement modifiée dans la composition du biote local, lorsqu'il est connu, par rapport à une décennie auparavant. Les modifications sont invariablement liées à la prévalence d'espèces exotiques qui remplacent plus ou moins les natives. La propagation se fait dans les deux directions, partant du canal de Suez et allant vers le nord (Israël, Liban, Syrie, Turquie, Grèce) et vers l'ouest (dans ce cas l'Égypte, mais le phénomène se déplace également en Tunisie et en Algérie, tandis qu'on sait peu de choses sur la Libye). Certaines de ces espèces sont une nuisance et même un danger pour les humains (voir le problème de la méduse évoqué auparavant), mais d'autres sont une ressource pour les populations locales qui sont ravies de les cultiver et certaines d'entre elles sont même cultivées après qu'elles se soient établies. Un phénomène parallèle, dénoncé au moins par certains rapports, est la régression des espèces natives.

1019. L'arrivée d'espèces en provenance de la mer Rouge a été considérée selon différents modèles par la communauté scientifique et même par différents pays. Certains auteurs considèrent l'arrivée des « exotiques » comme un événement terrible, tandis que d'autres auteurs saluent le nouveau contingent comme un enrichissement de la biodiversité méditerranéenne. Le rapport égyptien, par exemple, parle des effets bénéfiques de l'arrivée des Espèces non indigènes (ENI) avec la proposition d'une liste récapitulative des 100 espèces exotiques les plus bénéfiques à opposer à la liste disponible des 100 pires espèces exotiques (Streftaris et Zenetos, 2006). En outre, les ENI sont arrivées et arrivent toujours en Méditerranée par d'autres moyens également, et pas uniquement via le canal de Suez (CIESM, 2002). D'autres auteurs (par exemple Galil, 2000) considèrent la propagation et l'implantation des espèces exotiques comme une menace à l'intégrité de la biodiversité et, dans de nombreux rapports, les espèces exotiques sont considérées comme l'une des pires menaces pour l'environnement, si ce n'est la pire.

1020. D'autres transformations ont également lieu. De précédentes observations réalisées sur les habitats de plateforme sur la côte méditerranéenne d'Israël, par exemple, ont démontré que les modifications dans l'habitat receveur (par exemple la réduction du bord externe des plateformes de vermetides de *D. petræum*) peuvent avoir augmenté l'aptitude de *B. pharaonis*, engendrant une réduction dramatique de la moule indigène *Mytilaster minimus* (Rilov *et al.*, 2004). Par ailleurs, le déplacement de cette moule native par l'espèce exotique érythréenne plus grande semble avoir modifié les schémas de prédation de telle sorte que le bulot natif *Stramonita haemastoma* se nourrit de préférence de *Brachidontes* (Rilov *et al.*, 2002). Dès lors, *B. pharaonis* a radicalement modifié les structures communautaires sur de nombreuses plateformes le long de la côte méditerranéenne israélienne. Compte tenu de son taux actuel de propagation et de croissance, il pourrait bientôt atteindre des populations massives et probablement avoir un impact significatif sur les plateformes de vermetides italiennes (Badalmenti *et al.*, 2008).

#### **6.5.5 Effets du bruit sous-marin et des déchets marins**

1021. Aucune information systématique n'est disponible sur les effets des activités maritimes, en particulier la génération du bruit, dans cette sous-région. Inversement, les impacts des déchets marins sont relativement mieux étudiés.

1022. À ce jour, les études sur les débris marins en Méditerranée se sont concentrées sur les plages, les débris flottants et les fonds marins du plateau continental ou de la mer profonde. Dans la plupart des études qui ont étudié les débris sur les fonds marins, les débris étaient recueillis par chalutage (Katsanevakis et Katsarou 2004). De même, en Méditerranée orientale, des études ont été réalisées au moyen de chaluts et seulement une d'entre elles a porté sur la répartition des débris sous-marins dans les régions côtières (profondeur < 25 m) en utilisant la plongée.

1023. La plupart des études sur les déchets benthiques décrivent leur composition et leur origine (par exemple, plastique, métal, attirail de pêche), calculent la concentration pour chaque type, estiment leur densité sur le fonds marin et identifient les sources (généralement classées par origine terrestre et maritime (provenant des navires et de la pêche)). Katsanevakis et Katsarou (2004) ont

conclu que, dans les eaux grecques côtières peu profondes, la densité des débris marins était bien plus grande que la concentration de débris estimée par d'autres études dans les plateaux continentaux méditerranéens ou sur les fonds marins profonds, à l'exception de certaines zones d'accumulation en haute mer (décrit en détail dans Galgani *et al.*, 2000). Une abondance de débris marins encore plus importante qu'en haute mer a été trouvée dans les baies. Les résultats de Koutsodendris *et al.*(2008) soutiennent l'argument et suggèrent qu'un grand volume de déchets qui entrent dans le système marin est concentré dans les zones côtières peu profondes et que seul un petit pourcentage atteint les eaux plus profondes.

1024. En comparant les résultats des parties les plus profondes, Stefatos *et al.* (1999) ont conclu que la concentration de débris sur les fonds marins des golfes grecques occidentaux est comparable à la concentration de débris trouvée sur les fonds en Méditerranée orientale (comme décrit par Galil *et al.*, 1995) ; la comparaison des golfes grecs aux sites de Méditerranée occidentale par Koutsodendris *et al.* (2008) a révélé que trois d'entre eux montraient une pollution modérée (< 150 éléments/km<sup>2</sup>), qui est comparable à la plupart des sites dans le monde, tandis que le golfe de Patras montre une pollution significative (150 à 500 éléments/km<sup>2</sup>) comparable à la mer Adriatique, à l'est de la Corse, au golfe de Gascogne et au golfe du Lion (comme décrit par Galgani *et al.*, 2000), attribuée à la proximité des sites étudiés avec des zones métropolitaines.

1025. Le plastique dominait la composition des débris des fonds dans tous les cas à l'exception du transect méditerranéen oriental (tableau 24). Le pourcentage d'éléments en plastique provenant des sites grecs avoisine les 60± 80 % de composés plastique qui constitueraient les déchets sur 13 plages méditerranéennes (en Espagne, Italie, Turquie, à Chypre et en Israël) (Gabrielides *et al.*, 1991) avec presque l'ensemble des autres études mondiales. Koutsodendris *et al.* (2008) et Stefatos *et al.* (1999) ont remarqué que les débris d'origine terrestre représentaient la majorité du total des déchets, suivis des débris provenant des navires et de la pêche (respectivement, 69, 26 et 5 % dans les 4 golfes étudiés par Koutsodendris *et al.* (2008), malgré le fait que certains des sites étaient des zones de pêche. Ces résultats concordent avec le rapport de Gabrielides *et al.* (1991) qui indique un faible pourcentage (2,8 %) d'attirails de pêche sur les plages méditerranéennes. Le PNUE/PAM — CAR/PB (2009) a quantifié l'origine des déchets marins en Méditerranée en les attribuant aux centres urbains côtiers (générés par le rejet direct des déchets domestiques, les déchets des infrastructures touristiques, les flux des sites de décharge et des cours d'eau).

#### **6.5.6 Nouveaux enjeux dont les effets des changements climatiques**

1026. Comme d'autres sous-régions de la Méditerranée, la sous-région orientale connaît déjà des altérations de ses écosystèmes marins induites par les changements climatiques. La tropicalisation, c'est-à-dire l'installation d'espèces tropicales qui étaient auparavant absentes du bassin, est évidente dans la sous-région. Certaines espèces commencent leur colonisation dans la partie à l'extrême est de la Méditerranée, c'est-à-dire la partie la plus chaude et, également, celle qui est en contact direct avec le canal de Suez, le principal convoyeur d'espèces tropicales en Méditerranée. La méridionalisation et la tropicalisation ont lieu du fait du réchauffement du climat et la réponse est une adaptation du biote méditerranéen, à la fois par ses ressources internes (méridionalisation) et par l'acquisition d'autres contingents (tropicalisation). D'autre part, les espèces d'eaux froides diminuent (Boero et Bonsdorff, 2007 ; CIESM 2008b) quittant alors un vide écologique comblé par le nouveau contingent tropical. D'une certaine façon, il est attendu que, si le climat se réchauffe, les espèces d'eaux chaudes auront tendance à dominer, tandis que celles d'eaux froides tendront à diminuer.

1027. L'augmentation du niveau de la mer devrait affecter les zones côtières, les habitations humaines et les industries situées dans les zones basses. Les inondations par l'eau de mer affecteront les infrastructures, mais pourront également avoir un impact sur la productivité de la pêche en raison de la perte des frayères et pourront conduire à la libération de contaminants actuellement enfermés dans des zones côtières (sols terrestres).

### **6.6 Conclusions et analyse des lacunes concernant les pressions et impacts**

1028. Les grandes villes ont été identifiées comme sources critiques de pollution par des substances dangereuses, puisque la plupart des « points névralgiques » se trouvent dans les sédiments alentours (Alexandrie et Port Saïd en Égypte et Athènes et Thessalonique en Grèce). De même, de fortes concentrations de substances dangereuses se trouvent dans les sédiments situés

dans les embouchures de cours d'eau et les estuaires des principaux fleuves (Nil) et lagunes (Lac de Manzala en Égypte) d'Égypte. La pollution provenant des métaux lourds semble quelque peu diminuer, car sa présence dans l'eau de mer reste faible et la situation semble même s'améliorer.

1029. De même, les concentrations de produits chimiques (DDT, PCB) diminuent également, mais restent relativement élevées dans certains cas. Des substances dangereuses tendent à diminuer, le cas le plus évident étant celui des DDT probablement en raison d'une régulation plus efficace de ce produit chimique. Les HAP sont étudiés dans une mesure limitée de façon à la fois spatiale et temporelle ; et la même conclusion peut être tirée pour les concentrations de radionucléides anthropogéniques. Cependant, ces études limitées sur ces derniers ont révélé que les concentrations de <sup>137</sup>Cs diminuaient de la surface au fond des eaux grecques et de l'est à l'ouest, ainsi qu'au fil du temps en atteignant des niveaux similaires à ceux de la période précédant Tchernobyl, mettant alors en lumière le rôle de la mer Noire dans la radioactivité de la région.

1030. Une enquête sur un petit nombre d'études visant la bioaccumulation de substances dangereuses sur le niveau trophique élevé (cétacés et tortues) a suggéré que les niveaux étaient similaires à ceux d'autres parties de la Méditerranée et n'étaient pas assez élevés pour pouvoir affecter la santé des espèces menacées. En revanche, les phoques présentaient des niveaux supérieurs de composés organochlorés que leurs homologues de l'Atlantique indiquant une prédominance des polluants d'origine agricole en Méditerranée orientale. Bien que la plupart des grandes villes en Méditerranée orientale exploitent des stations de traitement des eaux usées pour une partie de leur population, une part importante des habitants de cette région n'est toujours pas reliée à une installation de traitement des eaux usées (PNUE/PAM — CAR/PB 2009).

1031. De façon peut-être plus importante encore, l'intervention humaine dans cette sous-région, associée à l'augmentation du niveau de la mer, altère fortement les habitats côtiers. La réaction traditionnelle à la montée du niveau de la mer est de construire des défenses côtières, souvent pour protéger ce qui a été implanté très près de la côte. Le développement côtier conduit souvent à des cas où les lagunes littorales sont radicalement modifiées voire même détruites pour gérer la présence des moustiques, autrefois liés à la malaria. Le développement du tourisme affecte fortement le littoral avec des implantations croissantes directement sur le rivage et des constructions de routes parallèles à la mer. En outre, les habitats sableux sont souvent exploités de façon intensive pour extraire le sable destiné à la construction de bâtiments. Cela s'associe à d'autres impacts : par exemple, la construction de barrages qui se traduit par le fait que moins de sédiments atteignent la mer.

1032. L'augmentation rapide de la densité de population le long des plaines côtières dans certaines parties de cette sous-région, et l'urbanisation conséquente, a généré des schémas de récupération des terres. L'exploitation du sable par le passé et les structures marines existantes le long du littoral ont épuisé les réserves de sable et augmenté l'érosion côtière. Les effluents, comme les eaux usées, le ruissellement agricole ou les déchets industriels, augmentent la charge nutritive locale, notamment dans les baies et dans certains tronçons inférieurs des cours d'eau côtiers. Dans de tels sites améliorés en nutriments, les conditions physiques ambiantes peuvent provoquer le développement d'efflorescences d'algues toxiques. Cependant, globalement, les niveaux de contaminants toxiques sont relativement faibles, sauf pour les régions présentant des concentrations d'industries lourdes.

1033. Le grand nombre de rivières et de cours d'eau dans les parties les plus humides de la sous-région et la structure sableuse du sol (sur le rivage et dans la plaine littorale inférieure) fait que le territoire peut faire l'objet de divers niveaux d'érosion, en particulier là où les montagnes côtières se projettent à pic vers la mer. La pollution sédimentaire dans les eaux proches du rivage en est une conséquence. Inversement, l'un des problèmes majeurs auxquels sont confrontées les côtes arides c'est une carence en charge sédimentaire entraînant l'érosion des plages de sable. Depuis la construction du grand barrage d'Assouan en Égypte, en 1964, l'érosion au Liban, par exemple, a augmenté fortement dans le delta du Nil, tandis que les sédiments restent piégés dans le lac Nasser. Pourtant, comme aucune surveillance du recul de la côte n'a été réalisée au Liban en étudiant ses causes, il est difficile de déterminer la mesure dans laquelle l'érosion des plages le long de la côte levantine peut être attribuée au barrage d'Assouan. En dehors de cette possible perte de sédiments, trois types d'activité d'extraction provoquent ou exacerbent l'érosion littorale : le dragage des sédiments en mer, l'extraction du sable sur les plages et l'extraction des graviers dans les lits de cours d'eau. Aggravant une situation déjà mauvaise, les activités de remplissage de la mer pour l'expansion des terres côtières affectent la direction et la vitesse des courants, ainsi que l'intensité des vagues menant à l'érosion des berges meubles.

1034. Le développement côtier réduit également la qualité de l'eau. Entre 1996 et 2005, le pourcentage des eaux de baignade conformes aux normes nationales a quasiment stagné à un niveau élevé (de 92,3 à 92,8 %) avec quelques variations. Une légère amélioration a été constatée entre 2004 et 2005. Il est à noter que les données font uniquement référence aux eaux surveillées de façon officielle et qu'il peut exister un nombre de zones de baignade utilisées pour les loisirs qui ne sont pas surveillées (PNUE/PAM — CAR/PB, 2009). Le rapport a conclu que, bien qu'il n'y eût pas de tendance évidente au cours de la période d'échantillonnage, il a pu être constaté que 50 % des pays ayant soumis leurs données pour 2005 ont atteint plus de 90 % de conformité aux normes nationales pour la qualité des eaux de baignade et que Chypre, la Grèce et la Turquie atteignaient tous 100 % de conformité avec les normes nationales en 2005. Tous les pays de Méditerranée orientale ont adopté une législation et des critères et normes de qualité microbiologique pour les eaux de baignade. Les pays de l'UE sont liés par les directives pertinentes de l'UE, tandis que les pays méditerranéens hors UE ont leurs directives communes.

1035. La qualité de l'eau a de nombreux impacts sur la biodiversité. Dans un exemple en Turquie, une comparaison des algues recueillies dans la baie d'Izmir pendant un an avec des enregistrements datant des années 1970, il a été démontré que les groupes indicateurs de pollution avaient augmenté et que les espèces comme *Cystoseira* qui sont des indicateurs de côtes propres avaient quasiment disparu. L'expansion d'espèces invasives comme *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* (Forsskal) ajoute des pressions sur les systèmes marins.

1036. Dans le même temps, les déchets marins demeurent un aspect clé des problèmes transfrontaliers dans la sous-région qui comprend des aires densément peuplées et fortement industrialisées, avec des activités côtières et maritimes intenses. Une récente étude bibliographique réalisée par le PNUE/PAM — MED POL sur le phénomène en Méditerranée a conclu qu'entre 2002 et 2006, la situation n'avait pas connu d'amélioration.

1037. Les communautés de zostère marine et de *Cystoseira*, *Laminaria rodriguezii*, et les biotopes coralligènes et les lits de maërl sont sur le point de disparaître en raison d'impacts anthropogéniques sur certaines côtes. Certaines espèces d'algues disparaissent de là où elles étaient précédemment enregistrées, d'autres migrent. Certaines populations connaissent un nouveau déclin, en particulier, l'algue *P. oceanica*, qui a été sérieusement touchée par la pollution engendrée par l'urbanisation et le développement touristique le long des côtes, les modifications du littoral et la pêche. Dans le même temps, des biocénoses coralligènes très divers sont menacés par la pêche au chalut non déclarée ou illégale. Les lits de *Posidonia* sont affectés de façon négative par de telles activités comme la pisciculture, le tourisme côtier de masse et le développement littoral avec la construction de marinas, la plaisance et le mouillage. Les installations de pisciculture sont très répandues dans la région et l'alimentation non réglementée ou non maîtrisée entraîne l'eutrophisation et le recul des lits d'algues.

## CHAPITRE 7 : SIMILITUDES ET IMPLICATIONS POUR LE PROCESSUS D'APPROCHE DE L'ÉCOSYSTÈME

### 7.1 Impacts cumulatifs et simultanés

1038. La mer Méditerranée, comme beaucoup d'autres mers régionales dans le monde, connaît actuellement des modifications dues aux effets directs et indirects des activités humaines, dans l'océan, sur la côte et sur les hauteurs. À partir des informations actuellement disponibles, on distingue des similarités et des différences entre l'état des écosystèmes des quatre sous-régions délimitées par les Parties contractantes aux fins de l'évaluation initiale. Les différences entre les sous-régions peuvent être considérées comme des différences en degré, mais cependant pas en nature, en raison des pressions qui se produisent dans le bassin et des réponses des écosystèmes aux multiples impacts cumulatifs qui sont similaires, sinon identiques, sur l'ensemble de la mer largement utilisée et grandement estimée.

1039. Bien que pas aussi distinctement délimitées que la mer semi-fermée de la Méditerranée elle-même, les quatre sous-régions présentent un conglomérat d'écosystèmes côtiers et marins liés, avec de nombreuses ressources partagées, des espèces et des approches communes à la surveillance et la gestion environnementales. Chacune des principales pressions ou catégories de menace identifiées par la surveillance nationale, la recherche entreprise par les institutions scientifiques et l'analyse des organismes et programmes multilatéraux comme le PAM, sont présentes dans les quatre sous-régions, mais les questions prioritaires y sont différentes. Cela est en partie basé sur les caractéristiques physiques et biologiques sous-jacentes de chaque sous-région et le degré auquel les divers impacts sont ressentis par les écosystèmes marins au sein de ceux-ci.

1040. La sous-région de la Méditerranée occidentale est caractérisée par l'échange avec l'Atlantique nord via le détroit de Gibraltar et une dynamique physico-biologique complexe. Dans cette région, le niveau d'industrialisation et la perte et l'altération de l'habitat lié à l'aménagement côtier sont importants, en particulier sur les côtes nord. Le tourisme est à l'origine d'une grande partie de l'aménagement du littoral, de la pression sur les ressources et de la dégradation des côtes et des eaux littorales. En plus de l'altération physique de l'environnement et de la dégradation provoquée par la pollution et la perte des habitats clés, la croissance du tourisme et l'urbanisation ont entraîné une pression croissante sur les ressources, dont l'eau douce (limitant la disponibilité dans les zones humides et les estuaires et augmentant le besoin de dessalement, avec les impacts de pollution qu'il engendre) et la pêche. Dans la partie sud de cette sous-région, la croissance de la population le long de la côte a conduit à la dégradation par le rejet des eaux usées et le ruissellement. Les industries maritimes, comme la navigation, le développement énergétique et l'aquaculture, ont également dégradé l'environnement et agit sur la biodiversité, provoquant une pollution localisée, ainsi que des impacts plus importants sur la prestation de services écosystémiques en raison de compromis.

1041. La Méditerranée occidentale est également remarquable pour le degré auquel les milieux côtiers et marins ont été systématiquement étudiés, en particulier dans le nord de la sous-région. La plupart des informations sur l'état environnemental et sur les pressions et les conducteurs responsables de cet état pour l'ensemble de la Méditerranée proviennent de la surveillance à long terme dans les pays du nord et il existe un grand nombre de recherches scientifiques visant la répartition et l'abondance d'espèces marines, la distribution de l'habitat, la réponse écologique à des impacts particuliers et des évaluations des impacts cumulatifs.

1042. L'évaluation initiale ne tente pas de définir des régions de gestion prioritaire. Cependant, les rapports sous-régionaux mentionnent certaines zones de chaque sous-région qui apparaissent comme écologiquement importantes et vulnérables. En Méditerranée occidentale, elles incluent le versant du golfe du Lion, le mont sous-marin d'Alboran et la mer d'Alboran, la partie sud des îles Baléares et le détroit de Gibraltar. Les prairies de zostère marine ont été cartographiées dans la majeure partie de la sous-région et sont une zone critique pour de nombreuses espèces.

1043. La sous-région ionienne et méditerranéenne centrale connaît quelques pressions et facteurs semblables, bien que les impacts majeurs sont quelque peu différents de la Méditerranée occidentale, en partie à cause des caractéristiques physiques différentes de cette sous-région. Il n'y a aucun échange d'eau avec l'Atlantique et, contrairement au vaste bassin ouvert de la sous-région occidentale, la sous-région centrale a une topographie de fonds complexe et de nombreux détroits où

passent des masses d'eaux et des espèces. Les côtes ne sont généralement pas aussi développées qu'en Méditerranée, bien que l'urbanisation soit un facteur dans certaines zones localisées. La pêche est une pression principale sur les espèces et les écosystèmes, en raison de la surexploitation et des captures accidentelles ou accessoires et du fait de l'utilisation de méthodes de pêches destructrices, dont la pêche à la dynamite, le chalutage sur le fond et le retrait destructeur des coraux profonds. Les pressions de la navigation sont concentrées dans les détroits entre le continent africain et la côte sud de la Sicile et le surenrichissement nutritif des eaux usées et du ruissellement menace le sud-est de cette sous-région d'hypoxie.

1044. Parmi les zones particulièrement importantes et/ou vulnérables, qui ressortent de l'évaluation initiale et justifient des analyses supplémentaires, on trouve la région sud de la Sicile, en particulier les bancs de l'Aventure et de Malte et les récifs de corail froid au large de Cape Santa Maria di Leuca. Les vastes zones humides dans l'est de la Tunisie méritent également une étude plus approfondie et une évaluation des valeurs et tendances des services de l'écosystème.

1045. L'Adriatique est une mer semi-fermée dans une mer semi-fermée ; étant donné son épandage limité, les apports agricoles et l'urbanisation le long de son flanc occidental et son caractère peu profond, l'eutrophisation y est un problème majeur. Bien que la pollution de source ponctuelle par des contaminants toxiques ait été largement contrôlée et que la pollution toxique soit confinée dans quelques zones industrielles localisées, le ruissellement et les eaux usées traitées de façon inadaptée continuent à bouleverser les équilibres nutritifs de la mer étroite, engendrant des efflorescences d'algues, des mucilages et une hypoxie qui se répand. Les changements climatiques peuvent exacerber les impacts de ces pressions et aggraver les effets des espèces invasives dans la sous-région. La surexploitation de la pêche est également identifiée comme une pression, en particulier dans le nord de l'Adriatique centrale.

1046. Malgré les pressions, la mer Adriatique est remarquablement diversifiée et productive avec une variété d'écosystèmes offrant des services écosystémiques précieux. Le tourisme est important dans la région, tout comme la pêche. L'Adriatique nord est une frayère importante pour l'anchois et la sardine, tandis que la zone de Fosa di Pomo / la fosse de Jabuka est une importante zone d'alevinage pour le merlu et présente des sources d'eau froide biologiquement diverses. L'Adriatique est également remarquable, car plusieurs pays de cette sous-région ont exploré des moyens pour coordonner les recherches et la gestion, préparant ainsi le terrain pour un mouvement facilité vers une approche écosystémique.

1047. La sous-région méditerranéenne orientale est peut-être la moins connue des quatre sous-régions délimitées pour l'évaluation initiale de l'ECAP. Cette sous-région est également très diversifiée en matière de biodiversité de niveau bêta ou à grande échelle : de vastes archipels existent au nord, tandis qu'un grand plateau avec des sédiments alluviaux se trouve autour du delta du Nil au sud. Le littoral et la topographie du fond sont très variés, comme le sont les utilisations humaines des côtes et des mers. Tandis que toutes les pressions qui existent en Méditerranée se trouvent également dans cette sous-région, les espèces invasives et les changements climatiques sont les principales préoccupations. L'hypoxie qui se répand et la qualité de l'eau qui diminue sont dues aux apports en eaux usées non traitées, aux effluents de dessalement et au ruissellement urbain.

1048. Les tendances de la qualité de l'eau, la propagation des espèces invasives et la tropicalisation des changements climatiques n'ont pas encore dévalué cette sous-région. La partie nord demeure l'une des principales destinations touristiques balnéaires du monde et les communautés littorales de cette région continuent à dépendre des ressources maritimes. Les industries maritimes sont en expansion, augmentant alors la valeur perçue des zones marines (mais tirant également la sonnette d'alarme quant à une dégradation accrue et d'éventuels conflits). Les zones remarquables d'un point de vue écologique sont la mer de Thrace et le mont sous-marin d'Ératosthène, ainsi que les sources froides d'hydrocarbures du Nil.

1049. Dans la mesure où cette synthèse d'informations donne une approche commune de l'évaluation, elle a commencé à mettre en évidence la façon dont les différentes menaces ou pressions ont des niveaux d'importance différents selon la région. Ces différences concernent les caractéristiques inhérentes de chaque sous-région, dont les caractéristiques physiques qui influencent la vulnérabilité, ainsi que les divers degrés de pression des différentes sous-régions. Ainsi, les réponses état-pression varient toutes.

1050. Il est à noter que cette évidence trop simpliste des enjeux clés au sein de chaque sous-région masque certaines variations intéressantes au sein de ces sous-régions. Par exemple, la surpêche et le développement côtier lié au tourisme apparaissent comme les principales menaces dans le nord de la sous-région de la Méditerranée orientale, tandis que dans les parties sud et est, la pollution provoquée par l'urbanisation et le déversement de cours d'eau continuent à représenter des pressions clés.

1051. Un aperçu des quatre sous-régions, annexé à une revue littéraire sur l'écologie méditerranéenne globale, suggère que les similitudes peuvent être plus répandues que ne le sont les différences entre les sous-régions. Les pressions et impacts qui sont communs à l'ensemble des quatre sous-régions sont :

- **le développement côtier et l'étalement urbain**, entraîné par l'urbanisation et le développement du tourisme, conduisant à la perte et la dégradation de l'habitat et l'érosion/la déstabilisation du littoral
- **la surpêche** et les prises accessoires ou accidentelles, qui affectent la structure communautaire, les processus écologiques et la prestation de services écosystémiques
- **la pêche destructrice**, dont les méthodes de chalutage de fond et de pêche donnent lieu à une **contamination** des perturbations benthiques des sédiments et du biote provoquées par la pollution, principalement par l'urbanisation et l'industrie, mais également par les additifs antisalissure et les apports atmosphériques de composés dangereux
- **le surenrichissement nutritif**, menant parfois, mais pas toujours, à l'eutrophisation et l'hypoxie, conduisant plus régulièrement à des déséquilibres écologiques (qualité de l'eau réduite et croissance des algues, mucilages, etc.)
- **les perturbations et la pollution provoquée par les industries maritimes**, dont la navigation, l'énergie, l'aquaculture et le dessalement (opérationnels, mais aussi liés à des catastrophes)
- la propagation d'**espèces invasives**, dans de nombreux cas due aux changements climatiques
- la dégradation d'aires de transition ou d'estuaire, qui servent de frayères essentielles pour la pêche commerciale et constituent également un soutien pour des groupements uniques d'espèces

1052. En outre, l'évaluation initiale fournit quelques informations sur les aires d'importance écologique, de diversité biologique ou vulnérables et la perte de biodiversité potentielle (déduite, mais pas encore quantifiée) émerge comme une question prioritaire pour l'ensemble du bassin.

1053. Depuis le rapport du PNUE/PAM-AEE de 2006 sur l'état de l'environnement méditerranéen, on a constaté la modification de certaines conditions. L'amélioration de la qualité de l'eau est perceptible dans de nombreux endroits, grâce aux efforts stratégiques pour réduire la charge polluante. Les quantités de substances dangereuses comme les DDT et les métaux lourds ont diminué dans de nombreuses régions.

1054. Cependant, de nouveaux problèmes, qui méritent qu'on leur porte attention, apparaissent. Le dessalement et ses effets, notamment en matière de libération de saumure, devraient être mieux étudiés. L'utilisation croissante de l'espace littoral et océanique pour l'aquaculture, comme les opérations d'élevage du thon rouge, apporte avec elle la menace d'une pollution accrue, d'eutrophisation, d'espèces invasives, d'apparition d'agents pathogènes et d'augmentation des conflits liés à la réduction de l'accès et de la disponibilité de l'espace pour les autres usagers.

1055. Les utilisations croissantes et multiples de l'espace océanique signifient que toute menace qui agit en synergie pour provoquer un impact encore plus grand que si elle agissait seule doit être surveillée. La façon dont l'effet combiné du surenrichissement nutritif, de la surpêche de groupes fonctionnels comme des poissons qui paissent et les changements climatiques peuvent agir ensemble pour provoquer des déséquilibres au sein des écosystèmes côtiers et la perte des services écosystémiques en est un exemple.

1056. La modélisation soutient l'idée qu'il est important de comprendre les impacts de multiples menaces agissant simultanément. L'analyse spatiale complète et la cartographie des pressions humaines sur les écosystèmes marins méditerranéens réalisées par le NCEAS illustrent cela. Il s'appuie sur une analyse globale antérieure des impacts humains cumulatifs (Halpern *et al.* 2008) qui impliquait la combinaison de données spatiales globales sur 17 types de pressions (de la pêche, des changements climatiques et de la pollution), la distribution de 20 types d'écosystèmes marins et des notes représentant l'impact potentiel de chaque pression sur chaque type d'écosystème dérivée d'une approche d'experts.

1057. Dans l'analyse de la Méditerranée, la même approche a été utilisée, mais Micheli a remplacé certains ensembles de données et a inclus des éléments supplémentaires pour refléter au mieux les pressions spécifiques et les écosystèmes du bassin méditerranéen. Un total de 22 ensembles de données spatiales sur les activités humaines et les facteurs de stress et 19 types d'écosystèmes a été rassemblé et utilisé dans les analyses et les cartes (voir <http://globalmarine.nceas.ucsb.edu/mediterranean/>).

1058. L'analyse a conclu que les changements climatiques, la pêche démersale, la circulation des navires et, dans les zones côtières, le ruissellement terrestre et les espèces invasives exercent les impacts les plus forts sur les écosystèmes marins méditerranéens (Micheli, 2011). Les impacts les plus restreints sont associés aux déversements d'hydrocarbures et aux plateformes pétrolières, en raison d'une combinaison de l'étendue spatiale limitée de ces pressions et de leur chevauchement avec des habitats relativement peu vulnérables vis-à-vis de ces éventuelles menaces. L'analyse montre des schémas spatiaux distincts dans la répartition des impacts humains cumulatifs (voir Figure 7.1).

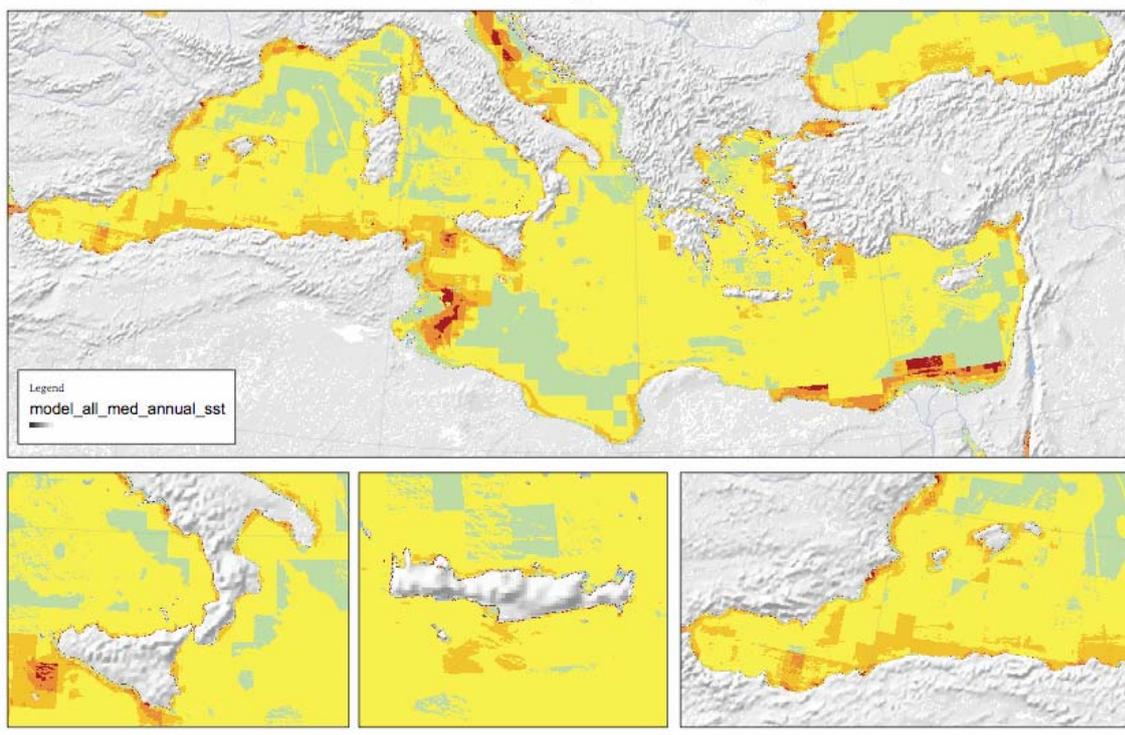


Figure 7.1 : Impacts humains cumulatifs sur la Méditerranée, avec l'augmentation annuelle moyenne de la température de surface de la mer (source : <http://globalmarine.nceas.ucsb.edu/mediterranean/>).

1059. Soutenant les conclusions de l'évaluation initiale, la modélisation du NCEAS révèle que les mers Adriatique et d'Alboran sont les plus touchées par les multiples pressions humaines, tandis que la Méditerranée occidentale et le plateau tunisien/golfe de Sidra le sont le moins (Figure 7.2). Les zones côtières des eaux territoriales nationales, en particulier celles de l'Espagne, la France, l'Italie, la Tunisie et l'Égypte, souffrent de l'impact cumulatif le plus important découlant des multiples pressions, avec un impact cumulé jusqu'à dix fois plus important qu'en haute mer.

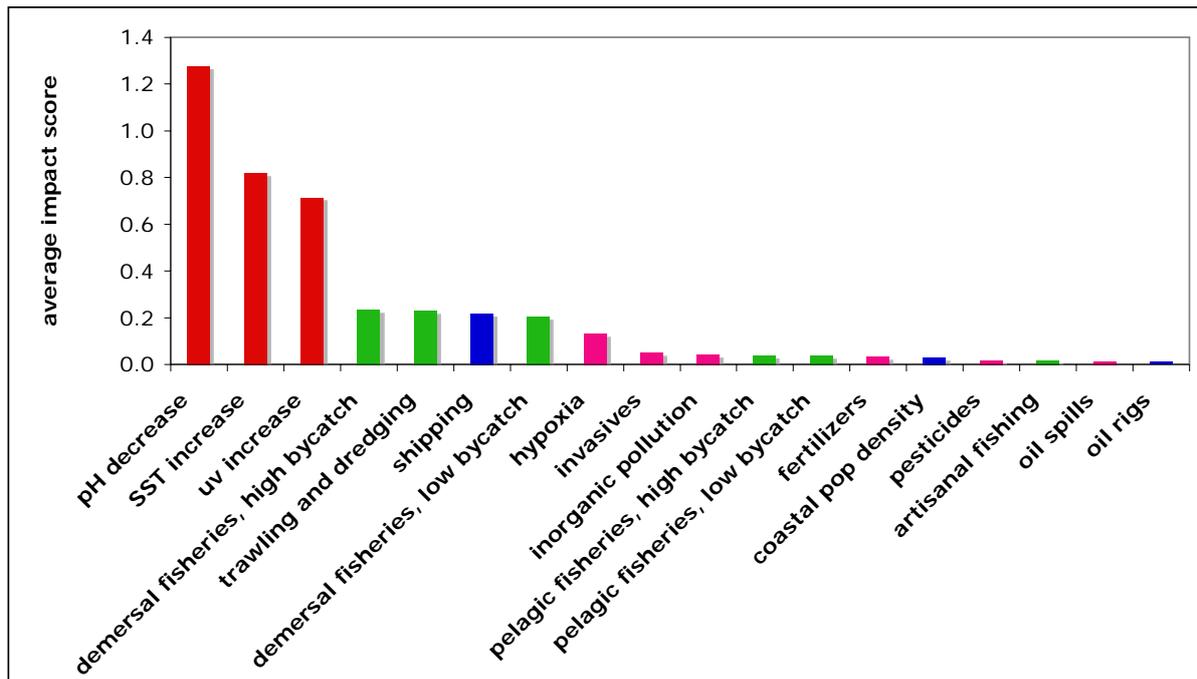


Figure 7.2 : Score d'impact moyen de chaque activité ou agent stressant sur les écosystèmes marins méditerranéens. Agents stressants climatiques : rouge ; développement et transport : bleu ; pêche : vert ; pollution : rose.

1060. Il est à noter que la modélisation des impacts cumulatifs suggère uniquement des aires d'études approfondies, une vérification sur le terrain est alors nécessaire. En plus d'établir un régime de surveillance systématique pour obtenir les informations nécessaires sur les conditions et les tendances, les recherches futures devront élucider les relations de cause à effet, et non seulement les corrélations. Les prochaines étapes de l'ECAP, à savoir l'établissement d'objectifs écologiques et opérationnels, avec des indicateurs, constitueront la base d'une telle approche rationalisée pour en tirer des informations pour l'ensemble des futures évaluations. La détermination d'objectifs et l'analyse des informations sur les tendances, pour pouvoir déterminer quand les cibles sont approchées, fourniront le type d'informations scientifiques solides nécessaires pour permettre d'établir des priorités dans la gestion et de guider efficacement la gestion écosystémique.

## 7.2 *Lacunes dans les informations et potentiel pour une surveillance optimale de l'ECAP*

1061. Malheureusement, à l'heure actuelle, il existe un manque général d'informations concernant certaines pressions, ainsi qu'au niveau des données recueillies de façon systématique pour établir les tendances. Lorsque la quantification est possible, déterminer les impacts écologiques provoqués par des agents stressants et des pressions particuliers reste un défi. Cependant, il est clair que la surveillance qui a lieu au sein des pays afin de satisfaire aux exigences de la Convention de Barcelone et ses protocoles a donné un point de départ pour développer un régime de surveillance systématique qui pourra fournir les informations nécessaires à l'avenir.

1062. Il existe également un sérieux manque d'informations disponibles sur l'écologie et l'état environnemental des zones au large, en particulier des zones au-delà des eaux territoriales. Comme ces aires sont importantes et qu'il y a actuellement peu ou pas de contrôle et de surveillance des activités, il est recommandé d'étendre l'étude pour y inclure les environnements pélagiques du large et les eaux profondes. La Convention de Barcelone offre un cadre utile pour la coopération à cet égard et l'inclusion de considérations offshore assurera que la gestion future sera davantage basée sur l'écosystème.

1063. Globalement, la riche biodiversité marine de la Méditerranée reste relativement peu connue, malgré les efforts de plus en plus considérables faits par la communauté scientifique internationale pour y pallier. La connaissance de la biodiversité marine et côtière n'est pas homogène en Méditerranée et présente de nombreuses lacunes. Même les informations sur les espèces et les habitats du protocole PAM, qui présentent un intérêt de conservation en Méditerranée, sont parfois limitées. Les priorités régionales pour faire face à ces manques de données sont fournies ci-après, telles qu'identifiées par le PNUE/PAM — CAR/ASP.

- Manque de stratégie nationale claire pour inventorier de façon systématique la biodiversité marine et côtière dans de nombreux pays. Les aspects liés à la biodiversité marine et côtière n'ont pas la priorité dans les décisions politiques, comme c'est le cas des aspects sociaux.
- Les inventaires nationaux des espèces marines et côtières et des habitats ne sont pas homogènes. Pour la majorité des pays, ils sont incomplets ; l'effort est davantage concentré sur la Méditerranée nord occidentale.
- De nombreux secteurs et/ou écosystèmes méditerranéens demeurent peu étudiés, même dans les limites des pays. La prospection est généralement effectuée dans les zones qui sont faciles d'accès. Les inventaires tirés dans certains pays (bibliographie, prospection de site, mise à jour, etc.) sont généralement réalisés dans des secteurs concernés par des programmes ou des plans d'action. La connaissance de la présence, de la répartition, de l'abondance et de l'état de conservation des espèces côtières et marines méditerranéennes est inégale entre les divers taxons et régions.
- Les eaux profondes et les habitats de haute mer ont souvent été peu explorés.
- Manque de compétences taxonomiques nationales pour de nombreux groupes de flore et de faune marines, conduisant parfois à une identification douteuse des espèces. Les experts en taxonomie dans la plupart des groupes sont fortement concentrés dans quelques pays, la plupart se trouvant dans la partie nord de la Méditerranée
- Peu de partage des connaissances récentes au sein des milieux scientifiques dans les divers pays du nord et du sud de la Méditerranée
- Absence de programme pour la surveillance des espèces non natives dans de nombreux pays, en particulier les pays du sud de la Méditerranée
- Cartographie des espèces et des biocénoses marines et côtières clairsemées, en particulier celles qui présentent un intérêt de conservation pour la Méditerranée. Les recherches effectuées sur la biodiversité marine et côtière sont compartimentées, restreintes à des aspects très étroits et manquent d'interdisciplinarité
- Manque de recherches scientifiques coordonnées et transfrontalières, probablement lié à des contraintes financières et administratives.

1064. La compréhension des impacts de l'activité humaine sur la biodiversité marine et côtière présente aussi des manques. Ceci peut être observé à plusieurs niveaux : connaissances scientifiques ; disponibilité d'outils juridiques ; application de lois existantes ; sensibilisation du public ; mise en œuvre d'actions concrètes et de plans opérationnels.

1065. Ces lacunes, suj et par sujet, peuvent être résumées de la façon suivante (davantage de détails sont disponibles dans le document de soutien du PNUE/PAM — CAR/ASP) :

- Espèces invasives : (i) il manque toujours un mécanisme pour collecter, compiler et diffuser les informations sur les espèces invasives non-indigènes, (ii) il manque toujours des connaissances, en particulier concernant l'impact sur les structures et le fonctionnement des écosystèmes et (iii) il manque des programmes de surveillance à long terme sur les espèces invasives.
- Impact de la pêche sur les espèces ciblées et non-ciblées : (i) un manque important concernant la limitation de l'application de l'approche écosystémique dans la gestion de la pêche, (ii) la composition et la quantification des rejets nécessitent une attention particulière, (iii) lacunes de la pêche récréative concernant le contrôle de la composition, l'abondance et la taille des captures et les données scientifiques sur le débarquement, (iv) des lacunes au niveau des connaissances sur les possibles interactions entre l'eutrophisation et les pratiques

aquacoles dans les lagunes côtières et autres sites marins, (v) l'absence d'application du contrôle et de la surveillance des réglementations sur la pêche, (vi) l'absence de suivi, de surveillance et de contrôle est particulièrement évident en haute mer.

- Agents pathogènes microbiens : Les principales lacunes à combler afin d'améliorer les connaissances sur les agents pathogènes microbiens doivent être différenciées parmi les agents classiques et les nouveaux comme suit : (a) Agents pathogènes « classiques » : (i) on trouve généralement un niveau faible pour les plans de surveillance, (ii) un manque de connaissances de base des agents pathogènes classiques dans les sédiments et les plages, (iii) l'absence d'application de la loi pour empêcher et réduire la concentration d'agents pathogènes dans l'eau de mer est une lacune importante, (iv) un manque de connaissances sur les conséquences et impacts des agents pathogènes sur les écosystèmes et les habitats... ; (b) Agents pathogènes « nouveaux » : (i) manque de connaissances sur les nouveaux agents pathogènes, (ii) le manque d'application de la législation dans le contrôle des vecteurs d'introduction en méditerranée d'espèces non-indigènes et d'espèces marines invasives (par ex., la mariculture) constitue un problème important, (iii) un manque de sensibilisation du public vis-à-vis des problèmes de santé et de sécurité liés aux espèces dangereuses, des lacunes au niveau des connaissances sur les conséquences et impacts sur les écosystèmes et les habitats, (iv) un manque de surveillance scientifique efficace sur les efflorescences d'algues nuisibles (HAB), en particulier dans les eaux méditerranéennes...
- Changements climatiques : la magnitude de la biodiversité marine méditerranéenne en réponse aux changements climatiques reste encore largement inconnue en raison (i) du manque de surveillance à long terme du biote marin méditerranéen et des processus écosystémiques ; (ii) des rares informations disponibles sur les impacts des changements climatiques sur la physiologie des organismes marins, la démographie de la population, la reproduction, la répartition des espèces et la fonction écosystémique ; (iii) du manque de surveillance, de recherches ciblées, de capacités scientifiques institutionnelles, d'expertise technique, de politiques et de priorités nationales, d'identification et d'études des aires critiques et de possibilités de financement au niveau national ; (iv) du manque d'études sur les conséquences socio-économiques de l'impact des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière ; (v) du manque de connaissances sur les conséquences des changements climatiques sur la biodiversité en raison des changements dans la chimie et le cycle biogéochimique du carbone et du carbonate (acidification des océans)...
- Eaux profondes : (i) Les principales lacunes concernant les eaux profondes impliquent les connaissances très limitées sur cet environnement, en particulier les données et recherches scientifiques qui sont pauvres en dessous de 1 000 m de profondeur, (ii) en particulier pour plusieurs zones de la Méditerranée orientale et des eaux du sud, on ne sait rien sur la biologie des eaux profondes, (iii) il existe également des lacunes sur les effets des pressions anthropogéniques sur les espèces et les habitats des eaux profondes, où peu de données sont disponibles sur la pêche et aucune donnée n'existe sur les effets et les conséquences sur la biodiversité en profondeur de l'accumulation des déchets, (iv) une lacune importante, qui n'est pas spécifique à la Méditerranée, mais qui est en tout cas pertinente pour cette région, concerne le manque de technologie et de plans d'urgence pour prendre en charge les déversements de pétrole dans les eaux profondes.

1066. Cette liste exhaustive d'informations nécessaires sur la biodiversité pourrait suggérer qu'une approche écosystémique pour la gestion n'est pas possible à l'heure actuelle. Mais ce n'est pas le cas : la gestion améliorée est possible en étant guidée par les informations disponibles et la surveillance future dans le cadre d'une approche écosystémique peut être conçue de telle sorte qu'elle obtienne les données nécessaires et améliore encore la compréhension (c'est l'essence même de la gestion adaptative). Par ailleurs, la recherche ciblée par étapes, qui vise à combler les lacunes de connaissances les plus urgentes, pourrait rapidement améliorer le fond des connaissances sur l'écologie marine méditerranéenne.

1067. Une dernière catégorie d'informations importantes pour le développement d'une approche écosystémique, mais actuellement insuffisantes dans la région méditerranéenne, est la cartographie des données disponibles. L'inventaire des habitats critiques à l'échelle méditerranéenne comme les lits de zostère marine, les rivages rocheux intacts, les systèmes frontaux persistants, les regroupements de coraux en eaux profondes et (surtout dans les zones en dehors de toute juridiction nationale) les monts sous-marins pourrait fournir des informations très basiques sur des régions

disposant d'une importante prestation de services écosystémiques. La plupart de ces informations existent déjà, mais elles ne sont pas cartographiées de façon systématique. Les informations détaillées fournies par le rapport national sur la répartition des prairies de zostère marine, de communautés coralligènes et d'autres habitats marins et côtiers critiques devraient être cartographiées dans la prochaine phase de l'ECAP et ajoutées à d'autres cartes (comme la répartition des lagunes côtières) pour contribuer à l'analyse du système d'informations géographiques.

1068. Les aires relevant de multiples menaces (points névralgiques pour de multiples pressions) peuvent également être cartographiées en utilisant les informations existantes plutôt que les cartes d'impacts cumulatifs issues de la modélisation (voir discussion de Micheli (2011) ci-dessus). La Figure 7.3 démontre comment les informations sur les zones présentant un intérêt de conservation pourraient être recouvertes par des informations sur les menaces, grâce à une carte de démonstration exemplaire (mais très préliminaire) produite par Info RAC.

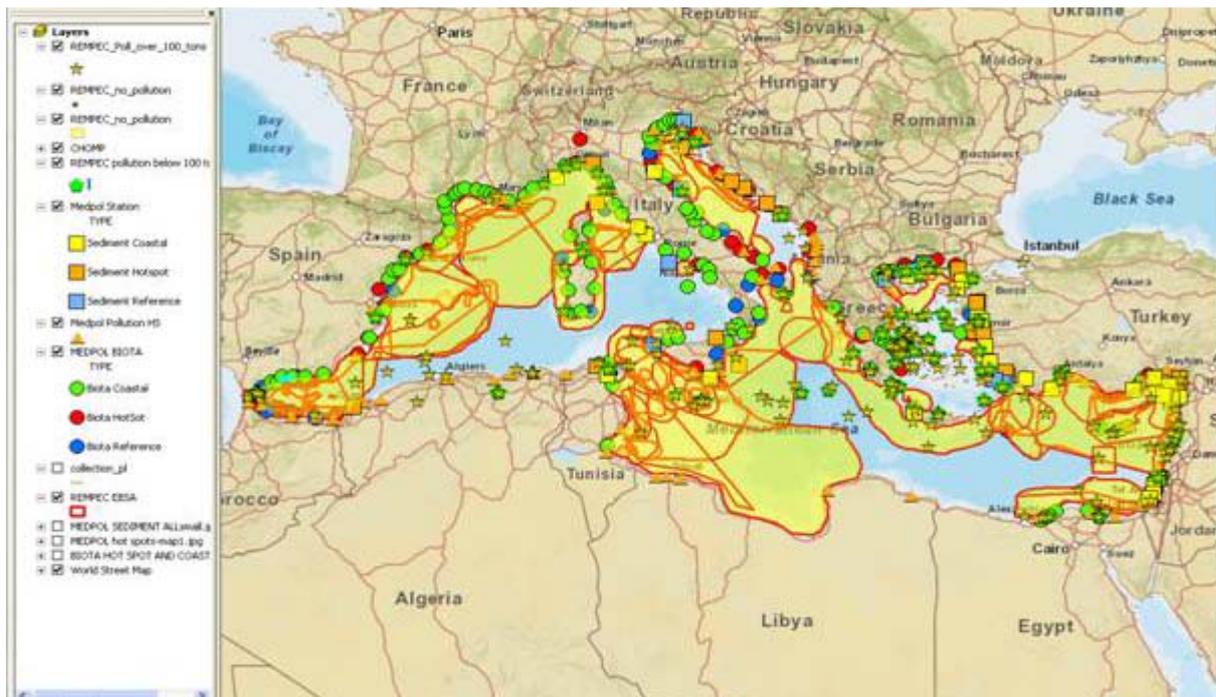


Figure 7.3 : Aperçu de quelques-unes des informations sur les activités humaines et l'écologique cartographiées par InfoRAC.

1069. Le but de cette illustration n'est pas de définir des zones, mais de montrer que les priorités géographiques peuvent être mises en évidence en utilisant la cartographie découlant de l'opinion d'experts et d'informations provenant d'analyses des bases de données. Les zones de chevauchement ne suggèrent pas un impact écologique maximal, mais elles peuvent influencer le choix de lieux de surveillance, une fois le régime systématique établi.

### 7.3 Conclusions de l'évaluation initiale

1070. La Méditerranée reste un système marin riche et précieux, mais toujours menacé. Les menaces omniprésentes provoquées par l'activité humaine : principalement le développement et l'urbanisation côtiers provoquant la perte d'habitats écologiquement importants ; la pollution, en particulier les substances dangereuses comme les métaux lourds, les hydrocarbures halogénés et pétroliers, les antisalissures et les radionucléides ; le surenrichissement nutritif provoqué par le ruissellement et les apports fluviaux d'azote et de phosphore, l'eutrophisation qui s'ensuit et les effets de l'hypoxie ; la surpêche et la perturbation de l'habitat liée à la pêche ; la perturbation biologique provoquée par les espèces invasives, les efflorescences d'algues nuisibles et les nouvelles formes d'agents pathogènes microbiens ; et les déversements de débris de dragage et autres déchets, ainsi que les rejets de déchets marins, toutes ces menaces continuent à se faire sentir sur la vie marine

dans la région. Certains des habitats les plus diversifiés et les plus importants d'un point de vue écologique (également certains des plus précieux, d'un point de vue des services écosystémiques) sont les plus touchés : par exemple, les prairies de zostère marine continuent à disparaître ou à se dégrader dans toutes les sous-régions et l'état des lagunes côtières continue à se détériorer.

1071. Le plus grand point commun dans l'ensemble de la région et le plus grand défi auquel font face les pays méditerranéens engagés dans une approche écosystémique est peut-être le manque d'informations sur les tendances des pressions et l'état environnemental, les effets cumulatifs et les effets synergiques. Comme une approche systémique est intégrante par nature, un nouvel accent mis sur les impacts cumulatifs et multiplicateurs sera impératif. L'interaction de la pollution avec les effets des changements climatiques, par exemple, ou l'interaction des modifications liées à la pêche dans la chaîne alimentaire avec la diversité et la prestation de services écosystémiques font partie des informations vraiment nécessaires. Ce qui est réduit également c'est la compréhension de la mesure dans laquelle les activités terrestres (dérivation de l'eau douce, concrétisation et étalement urbain et extra-urbain, destruction de l'habitat) ont des impacts mesurables sur l'écologie marine, et si c'est le cas, s'ils peuvent être ciblés en quelque sorte dans le cadre d'une approche écosystémique.

1072. La tentative de normalisation de l'évaluation dans chacune des quatre régions a donné lieu à un certain nombre de constatations importantes concernant des menaces communes, des tendances similaires dans les quatre sous-régions, des priorités divergentes concernant des menaces/pressions clés dans chaque sous-région et de nouveaux développements liés à la qualité et les questions environnementales depuis le rapport du PNUE/PAM-AEE de 2006.

1073. Dans le même temps, l'identification des incompatibilités et insuffisances des données, malgré les bonnes informations qui existent déjà de par la surveillance entreprise par les parties contractantes, donne une direction claire sur la façon d'améliorer la surveillance systématique à l'avenir de telle sorte qu'elle puisse catalyser la gestion efficace dans le cadre d'une approche écosystémique. À l'heure actuelle, la surveillance ne mène pas à des dérivations des tendances et les informations provenant des programmes de surveillance ne peuvent pas être utilisées pour l'élaboration de scénarios et l'analyse de compromis.

1074. En général, la surveillance de la pollution est systématique dans la région et continuera à donner de bonnes informations sur la qualité environnementale. Cependant, d'autres impacts ne sont généralement pas systématiquement surveillés ou ne peuvent pas être évalués de façon cohérente régionalement. Par exemple, le système actuel pour surveiller la pêche en Méditerranée dans le cadre de la CGPM utilise de nombreuses aires de rapports, qui ne correspondent ni aux sous-régions dans l'approche écosystémique, ni aux frontières nationales. Par ailleurs, tandis que l'objectif de l'organisme régional de la pêche est de dériver les informations pour la gestion de la pêche en utilisant des restrictions de l'effort, les impacts écosystémiques et la gestion de la pêche afin de préserver d'autres services d'approvisionnement, de réglementation, de soutien et culturels ne constituent pas son mandat central.

1075. Il existe également une différence entre les données et les informations (et connaissances) qui méritent d'être mentionnées. La surveillance future pourrait augmenter la mesure dans laquelle les données sont collectées et gérées d'une façon utile pour évaluer les conditions de la Méditerranée à l'avenir et pour guider la gestion afin qu'elle soit d'une efficacité optimale. La sélection des objectifs opérationnels, des indicateurs et des cibles qui sont significatifs et faisables (ou, dans le langage du SMART : stratégiques, mesurables, réalisables, réalistes et limités dans le temps) peut guider cette optimisation.

1076. Les quatre évaluations sous-régionales et la compilation à l'échelle méditerranéenne donnent les informations initiales représentant l'étape d'un processus continu d'une approche écosystémique scientifique de la gestion. En substance, cette étape d'informations est l'entrée dans un processus cyclique de gestion écosystémique, comme indiqué dans l'introduction de la Figure 1.1. Plutôt que d'être une analyse de risques ou une évaluation de la situation, ce rapport représente la collecte d'informations qui lance le processus de gestion écosystémique. Une fois que les priorités sont déterminées et les objectifs établis, la surveillance peut être conçue pour permettre de réaliser des évaluations dans de bonnes conditions aux niveaux régional, national et même local.

1077. L'évaluation initiale a identifié, ou encore soutenu, l'identification préalable des habitats clés ou critiques soutenant les écosystèmes méditerranéens. Il s'agit notamment des prairies de zostère

marine (qui, sans s'y limiter, incluent les lits de *Posidonia*) ; des communautés coralligènes ; des lagunes côtières et des communautés de fonds meubles côtières ; des monts sous-marins et des caractéristiques benthiques uniques ; des systèmes frontaux et d'autres caractéristiques de l'environnement pélagique (colonne d'eau).

1078. Dans le même temps, l'exercice d'évaluation économique du PNUE/PAM-Blue Plan a fourni des données importantes pour soutenir le processus d'approche écosystémique, en enquêtant sur la mesure dans laquelle les cinq habitats marins et côtiers contribuent à apporter des services écosystémiques ayant une valeur économique. Une cartographie de ces aires de grande valeur dans la région est réalisable et recommandée.

1079. Comme indiqué précédemment, les principales informations nécessaires pour une approche écosystémique incluent des cartographies précises de l'habitat à grande échelle dans une région donnée. De telles cartes se prêtent bien à l'intégration au sein des systèmes d'informations géographiques Web et conventionnels. Via les systèmes d'informations géographiques, ces données spatiales facilitent l'analyse simple et rapide des écosystèmes marins dans l'espace et dans le temps. Cela inclurait des données extraites de scènes satellite séparées dans le temps ou de la comparaison avec les cartes des archives créées à partir de photographies aériennes. Des données supplémentaires, comme les projets nationaux existants scientifiques et sur la gestion, les données sur la pêche et d'autres zones d'impact et d'utilisation marines, peuvent facilement être fusionnées dans un tel cadre géo-spatial. La cartographie facilite la visualisation rapide des ressources de la région dans leur véritable contexte spatial. De telles connaissances peuvent s'avérer précieuses pour définir les objectifs, les limites physiques et les procédures en cours de gestion des ressources. Étant alors une partie vitale du processus de conservation, la cartographie précise ne doit pas être considérée comme une fin en soi. De telles cartes ouvrent la voie vers des études scientifiques approfondies sur les processus locaux et paysagers. À leur tour, elles peuvent alimenter la gestion basée sur les connaissances.

#### **7.4 Prochaines étapes**

1080. Les conclusions de cette évaluation initiale aident à catalyser le mouvement en avant des pays méditerranéens vers l'approche écosystémique de deux façons : en identifiant (de façon préalable) les problèmes prioritaires qui sont communs à l'ensemble des sous-régions et qui peuvent servir de base pour la création d'une liste initiale des objectifs écologiques et opérationnels ; et en mettant en évidence les lacunes dans la compréhension engendrées par le manque de surveillance ou de surveillance cohérente (empêchant les comparaisons dans le temps et les géographies).

1081. Une fois les bases et les objectifs écologiques établis, les mécanismes, permettant d'obtenir facilement des informations utiles sur les tendances, peuvent être mis en place. Il faut également penser aux « systèmes d'alerte précoce » qui pourraient alerter les gouvernements et les institutions à l'approche rapide de seuils critiques déterminés à l'avance.

1082. Les causes et effets doivent être pris en compte pour déterminer quelles activités humaines conduisent aux résultats environnementaux documentés. Par exemple, si la production de *Chlorophylle a* a augmenté dans une région, il sera nécessaire de déterminer si cela est dû à une charge nutritive accrue des sources terrestres ou à des modifications hydrologiques / océanographiques en mer. Connaître les facteurs des impacts est nécessaire afin d'élaborer une réponse de gestion qui permettra d'apaiser la pression et d'améliorer l'état écologique. Dans la plupart des projets sous-régionaux, certaines indications de facteurs sont données, mais il est important de s'assurer avec quelle certitude ces déclarations de cause à effet peuvent être faites et de pouvoir citer des recherches publiées ou des ensembles de données pour étayer ces déclarations.

1083. Il faut également prendre en compte le fait qu'un programme de surveillance systématique et optimisé ne doit pas seulement regarder la qualité de l'environnement ou l'état écologique, mais également l'efficacité de la gestion. En d'autres termes, il faut obtenir des informations sur le type de gestion qui existe, et savoir si les réglementations sont appliquées et connaître le niveau de conformité à ces réglementations (ou, autrement dit, s'il existe des activités illégales ou non déclarées malgré l'existence de la gestion/des réglementations). Ce type d'analyse est absent de l'évaluation intégrée décrite ici et l'absence de ce genre d'informations entrave l'élaboration de réponses de gestion efficaces. En effet, la surveillance devrait, de façon optimale, fournir les données nécessaires à l'avenir pour réaliser une évaluation environnementale (à savoir, si les objectifs écologiques sont

atteints) et une évaluation de l'efficacité de la gestion (si les objectifs de gestion sont atteints). Il faut également penser à l'optimisation de la compatibilité des données provenant des flux de surveillance environnementale avec les données et informations du flux d'évaluation de la gestion. Les deux flux d'informations devraient alimenter le processus d'approche écosystémique.

1084. Cependant, un défi, qui sera primordial dans la mise en œuvre de l'approche écosystémique, sera la surveillance qui sera simplifiée et n'ajoutera pas de fardeau inutile aux pays, mais qui pourra permettre d'obtenir des informations utiles sur l'interaction entre les menaces. Par exemple, bien que la surveillance de la pollution fournisse déjà des informations très utiles sur la charge de polluants autour de stations d'échantillonnage désignées et que les données de la pêche donnent certaines indications sur le niveau d'effort, les captures et le stock des espèces ciblées, il n'existe actuellement aucun mécanisme en place pour déterminer la façon dont la qualité environnementale change en réponse aux effets cumulatifs et combinés de la pollution et de la pêche. Cela peut être particulièrement important dans les zones où la menace d'eutrophisation n'est pas primordiale, mais où l'effet combiné de la surpêche et de la charge nutritive accrue peuvent provoquer des déséquilibres écologiques. Une stratégie de surveillance optimisée devrait informer sur la compréhension de ces effets synergiques.

1085. Dans le contexte de rationalisation, les pays méditerranéens harmonisent leurs efforts ECAP avec les processus liés dans le cadre de la directive-cadre sur la Stratégie pour le milieu marin. Les pays de l'Union européenne ont entamé un processus d'évaluation environnementale, de détermination des cibles et indicateurs et de conception des programmes de surveillance coordonnés pour les futures évaluations. Leur travail pour évaluer 11 descripteurs du bon état écologique en utilisant des indicateurs standardisés sera appuyé par les étapes à venir du processus d'approche écosystémique, si elles sont mises en œuvre avec succès, en particulier si des petits projets pilotes réalisables démontrent la façon dont l'évaluation d'objectifs peut se faire dans le contexte méditerranéen.

1086. Il sera compliqué et il prendra du temps d'adopter une approche écosystémique en Méditerranée, avec son énorme ampleur, la variété de ses défis de gestion, les ressources limitées et différenciées en matière de capacité gestionnaire des pays riverains. Cette évaluation et les suivantes participeront à une meilleure compréhension de l'état environnemental et écologique et présenteront des options pour le suivi et l'évaluation à venir, qui donneront ensuite les informations nécessaires pour déterminer les tendances et hiérarchiser les problèmes nécessitant des actions afin que la réponse soit effective et efficace dans la sauvegarde des précieux écosystèmes de Méditerranée.

## RÉFÉRENCES

### ***Main reports that form basis of subregional synopses:***

EEA / UNEP (2006) Priority Issues in the Mediterranean Environment. EEA Report No 4

UNEP-MAP-PAP/RAC (2009) Sustainable Coastal Tourism: An Integrated Planning and Management Approach. UNEP Sustainable Production and Consumption Branch and Priority Actions Programme (PAP RAC).

UNEP-MAP Plan Bleu, (2010) The Economic Value of Sustainable Benefits rendered by the Mediterranean Marine Ecosystems. Prepared by A. Mangos, J-P. Bassino, and D. Sauzade. Ed. Plan Bleu, Sophia Antipolis; 78 pages. [http://www.planbleu.org/publications/Cahier8\\_marin\\_EN.pdf](http://www.planbleu.org/publications/Cahier8_marin_EN.pdf)

UNEP-MAP RAC/SPA (2010a) Synthèse subrégionale « Méditerranée Occidentale » des documents nationaux d'identification des propriétés majeures des écosystèmes et d'évaluation de l'état écologique et des pressions sur la biodiversité marine et côtière. Par Thierry Perez & Arthur Antonioli, Ed. CAR/ASP, Tunis; 54 pp.

UNEP-MAP RAC/SPA (2010b) Identification of important ecosystem properties and assessment of ecological status and pressures to the Mediterranean marine and coastal biodiversity in the Ionian Sea and the Central Mediterranean. Edited by Ben Haj, S. Ed. RAC/SPA, Tunis; 50 pages.

UNEP-MAP RAC/SPA (2010c) Identification of important ecosystem properties and assessment of ecological status and pressures to the Mediterranean marine and coastal biodiversity in the Adriatic Sea. Öztürk, B., Ed. RAC/SPA, Tunis; 50 pages.

UNEP-MAP RAC/SPA (2010d) Identification of important ecosystem properties and assessment of ecological status and pressures to the Mediterranean marine and coastal biodiversity in the Aegean Sea-Levant Sea. Edited by Boero, F. Ed. RAC/SPA, Tunis; 80 pages.

**Cited Literature:**

- Abad E, F Pérez, JJ Llerena, J Caixach, J Rivera (2003) Evidence of a specific pattern of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in bivalves, *Environ. Sci. Technol.*, 37, 5090–5096.
- Abad E, F Pérez, JJ Llerena, J Saulo, J Caixach, J Rivera (2002) Study on PCDDs/ PCDFs and co-PCBs content in food samples from Catalonia (Spain), *Chemosphere* 46, 1435–1441.
- Abarnou A, D Fraisse (2002) Dioxins and dioxin-like PCBs in mussels and fishes from the French coastal waters, *Organohalogen Compd*, 56, 469–472.
- Adamo P, M Arienzo, M Imperato, D Naimo, G Nardi, D Stanzione (2005) Distribution and partition of heavy metals in surface and sub-surface sediments of Naples city port. *Chemosphere* 61 (2005) 800–809
- Albania Ministry of Environment, Forest and Water Administration, Directory of Fishery (Albania). (2009) Fish Management Plan – Blue Action, National document Aleem, A., (1993) Marine algae of Alexandria. University of Alexandria publications, Egypt, pp.154–155
- Aliani S, A Griffa, A Molcard (2003) Floating debris in the Ligurian Sea, north-western Mediterranean, *Marine Pollution Bulletin*, 46, 1142–1149
- Alliot E, W Younes, JC Romano, P Rebouillon, H Masse (2003) Biogeochemical impact of a dilution plume (Rhône River) on coastal sediments: comparison between a surface water survey (1996–2000) and sediment composition. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57, 357–367
- Alzieu C (2000) Impact of Tributyltin on marine invertebrates, *Ecotoxicology*, 9, 1-2, 71-76
- Andral B, F Galgani, JF Cadiou (2010) Chemical contamination of coastal mediterranean waters, The Mytilos/Mytided projects, Proceedinds of the workshop «Impact of large mediterranean cities on marine ecosystems», Alexandria, Egypt, 10-12 Feb 2009, 21-28
- Andral B, JY Stanisiere, D Sauzade, E Damier, H Thebault, F Galgani, P Boissery (2004) Monitoring chemical contamination levels in the Mediterranean based on the use of mussel caging. *Mar. Pollut. Bull.*, Vol. 49, 9-10, 704-712
- Andral B, Bouchoucha M, Galgani F, Tomasino C, Blottiere C, Scarpato A, Benedicto J, Deudero S, J Caixach, A Cento, S ben Brahim, M Boulahdid, C Sammari (2010). Monitoring chemical contamination levels in the West basin of Mediterranean sea based on the use of mussel caging. *Arch Env cont Tox.*, Submitted.
- Anonymous (2010) Consensus report, Proceedinds of the workshop «Impact of large mediterranean cities on marine ecosystems», Alexandria, Egypt, 10-12 Feb 2009, 7-11.
- Antolic, B. (1997) The list of benthos algae of Eastern Adriatic. Background document for preparation of National Biodiversity and Landscape Strategy and Action Plan. State Institute for Nature Protection, Zagreb.
- Antolovic, J., Antolovic, M., Antolovic, E., Coppala, E., Pecchiar, G., Piccoli, M., Hervat, M.(2010) Analyses of sightings of monk seal (*Monachus monachus* (Hermann, 1779) in the Croatian Part of the Adriatic 2006-2010. *Rapp. Comm. int. Mer Med.* 39: 100.
- Antonic, O. et al. (2005) Klasifikacija stanista Republike Hrvatske (Classification of habitat types in the Republic of Croatia), vol. 1
- Antizar-Ladislao B (2008) Environmental levels, toxicity and human exposure to tributyltin (TBT)-contaminated marine environment. A review, *Environment International*, 34, 292–308
- Arapı, D., Sadıkaj, R., Nelaj, E. (2006) Fishing and cartilaginous fishes on the Adriatic and Ionina Seas of Albania. Proc. the Int. Workshop on Med. Cartilaginous Fish with Emphasis on South-east Med., Turkish Marine Research Foundation, Istanbul. Pp. 209-214.

- Arcos, J.M., J. Bécares, B. Rodríguez y A. Ruiz. (2009) Áreas Importantes para la Conservación de las Aves marinas en España. LIFE04NAT/ES/000049-Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife). Madrid. <http://www.seo.org/avesmarinas/flash.html#/>
- Arditsoglou A, D Voutsas (2008) Passive sampling of selected endocrine disrupting compounds using polar organic chemical integrative samplers, *Environmental Pollution*, 156, 316-324
- Arnoux A., J.G. Harmelin, J.L. Monod, L.A. Romaña and H. Zibrowius (1992) Altérations des peuplements benthiques de roches profondes en Méditerranée nord-occidentale: quelques aspects biologiques et molysmologiques, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 314, pp. 219–225.
- Artegiani, A., R. Azzolini, and E. Salusti, (1989) On the dense water in the Adriatic Sea. *Oceanol. Acta*, 12, 151–160.
- Bacci E, C Gaggi (1989) Organotins compounds in harbors and marina waters from the Northern Tyrrhenian sea. *Marine Pollution Bulletin*, 20, 290–292.
- Bache F, JL Olivet, C Gorini, M Rabineau, J Baztan, D Aslanian, JP Suc (2009) Messinian erosion and salinity crises; view from the Provence Basin (Gulf of Lions, Western Mediterranean), *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 286, no. 1-2, 139-157.
- Badalamenti F., et al., (2008) National overview (except the Adriatic coast) on vulnerability and impacts of climate change on marine and coastal biodiversity. Contract RAC/SPA, N° 13/RAC/SPA\_2008. 36 pp.
- Bakran-Petricioli T. (2007) Morska stanista – Prirucnik za pracenje i inventarizaciju stanja. (Marine Habitats – Handbook for inventory and monitoring). State Institute for Nature Protection, Zagreb, 56 pp. + Appendix 102 pp. (in Croatian, on-line version: )
- Ballesteros, E. (1990a). Structure and dynamics of the *Cystoseira caespitosa* Sauvageau (Fucales, Phaeophyceae) community in the North-Western Mediterranean. *Scientia Marina*, 54: 155-168.
- Ballesteros, E. (1990b). Structure and dynamics of the community of *Cystoseira zosterooides* (Turner) C. Agardh (Fucales, Phaeophyceae) in the Northwestern Mediterranean. *Scientia Marina*, 54(3): 217-229.
- Ballesteros, E. (2008). Especies invasoras. En: Actividades humanas en los mares de España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, pp. 177-185.
- Ballesteros, E., E. Sala, J. Garrabou & M. Zabala (1998). Community structure and frond size distribution of a deep water stand of *Cystoseira spinosa* (Phaeophyta) in the Northwestern Mediterranean. *European Journal of Phycology*, 33: 121-128.
- Ballesteros, E., X. Torras, S. Pinedo, M. García, L. Mangialajo and M. de Torres (2007). A new methodology based on littoral community cartography for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55: 172-180.
- Banni M , F Dondero, J Jebali, H Guerbej, H Boussetta, A Viarengo (2007) Assessment of heavy metal contamination using real-time PCR analysis of mussel metallothionein mt10 and mt20 expression: A validation along the Tunisian coast. *Biomarkers*, 12(4), 369–383.
- Banni M, Z Bouraoui, J Ghedira, C Clearandeu, J Jebali, H Boussetta (2009) Seasonal variation of oxidative stress biomarkers in clams *Ruditapes decussatus* sampled from Tunisian coastal areas. *Environmental Monitoring and Assessment* (doi:10.1007/s10661-008-0422-3)
- Baouendi A (2005) Programme d'actions stratégiques visant a combattre la pollution dues a des activités menées a terre. Bilan diagnostique national (BDN) de la Tunisie, rapport MEDPOL/PAM, 67 pages

- Barmawidjaja, D.M., van der Zwaan, G.J., Jorissen, F.J., Puskaric, S. (1995) 150 years of eutrophication in the northern Adriatic Sea: Evidence from benthic foraminiferal record. *Marine Geology* 122. 367-384.
- Barnes D, F Galgani, RC Thompson, M Barlaz (2009) Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 1985-1998.
- Batistic, M. (1994) Ekologija planktonskih *Chaetognatha* u Jadranskom moru (Ecology of plankton *Chaetognatha* in Adriatic Sea). MA Dissertation. Faculty of Natural Science, Zagreb. 73 pp.
- Batistic, M. et al. (2007) Annual cycle of the gelatinous invertebrate zooplankton of the eastern South Adriatic coast (NE Mediterranean). *Journal of Plankton Research* (0142-7873) 29 (2007), 8; pp 671-686.
- Batistic, M. et al. (2009) Increasing dominance of two allochthonous gelatinous zooplankton species in the Adriatic Sea: a possible relationship with hydroclimatic changes // ASLO Aquatic Sciences Meeting 2009, Meeting Abstracts / Fee, Everett J., editor(s). Nica : ASLO, 2009. Poster presentation.
- Bearzi, G., S. Agazzi, J. Gonzalvo, S. Bonizzoni, M. Costa, and A. Petroselli. (2010) Biomass removal by dolphins and fisheries in Mediterranean Sea coastal area: do dolphins have an ecological impact on fisheries? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. Published online DOI 10.1002/aqc1123
- Beaufort F. de (dir.), (1987). Livre rouge des espèces menacées en France : tome 2, espèces marines et littorales menacées. Éd. Secrétariat de la faune et de la flore, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, F., 356 pp.
- Belancic, A. et al. (2008) Red data book of dragonflies of Croatia. Ministry of Culture; State Institute for Nature Protection, Zagreb. 132 pp.
- Bellan-Santini, D. et al. (2002) Handbook for interpreting types of marine habitat for the selection of sites to be included in the national inventories of natural sites of conservation interest. UNEP, RAC/SPA, Tunis, 217 pp.
- Bello, G., Casavola, N., Rizzi, E. (2004) Aliens and visitors in the southern Adriatic Sea: Effects of tropicalization. *Rapp. Comm. int. Mer. Medit.*, 37: 491.
- Ben Charrada R, M Moussa, J Zaouali (1997) Physico-chemical and biological analysis of water and sediment in Tunis Bay. *Mar. Life*, 7, 1-2, 53-66
- Benaoui A, JF Chiffolleau, A Moukrim, T Burgeot, A Kaaya, D Auger, E Rozuel (2004) Trace metal distribution in the mussel *Perna perna* along the Moroccan coast. *Marine Pollution Bulletin* 48, 378-402
- Benedicto J, B. Andral, C. Martínez-Gómez, C. Guitart, S. Deudero, A. Cento, A. Scarpato, J. Caixach, S. Benbrahim, L. Chouba, M. Boulahdid, F. Galgani. A large scale study of trace metal contamination in the Western Mediterranean basin by active biomonitoring (ABM) using caged mussels (*Mytilus galloprovincialis*). Submitted to *Environment International*.
- Benedicto J, C Martinez Gomez, J Campillo (2005) Induction of metallothioneins in *Mullus barbatus* as specific biomarker of metal contamination: A field study in the western Mediterranean. *Ciencias marinas*, 31, 1B, 265-274
- Benedicto J, C Martinez-Gomez, J Guerrero, A Jornet, C Rodriguez (2008) Metal contamination in Portman Bay (Murcia, SE Spain) 15 years after the cessation of mining activities. *Ciencias Marinas*, 34, 3, 389-398
- Benedicto, J., C. Rodríguez, C. Martínez-Gómez, J. Guerrero y A. Jornet. (2003) Distribución espacial y tendencias temporales de los niveles de metales traza en el litoral de Andalucía utilizando mejillón *Mytilus galloprovincialis* Lamark, 1819 como organismo indicador: 1991-2003. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 19 (1-4).

- Beqiraj, S. (2004) A comparative taxonomic and ecological study with biogeographic data on malacofauna of Albanian coastal lagoons, PhD theses, Faculty of Natural Sciences, University of Tirana. (in Albanian).
- Beqiraj, S., Kashta, L., Kuci, M., Kasemi, D., Mato. Xh., Gace. A. (2008) Benthic macro fauna of *Posidonia oceanica* meadows in the Albanian coast. *Natura Montenegrina*, 7(2): 55 – 69.
- Beranger K, L Mortier, M Crepon (2005) Seasonal variability of water transport through the Straits of Gibraltar, Sicily and Corsica, derived from a high-resolution model of the Mediterranean circulation, *Progress in Oceanography*, 66, 341–364
- Berry, P. (2008) 2nd Meeting of the Group of Experts on Biodiversity and Climate Change. Seville, Spain, 13-15 March 2008. Council of Europe. T-PVS/Inf (2008) 6. Strasbourg. Bianchi, C., Morri, C. 2000. Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin*, 40:367-376.
- Béthoux J.P., Morin P. & Ruiz-Pino, D.P. (2002). Temporal trends in nutrient ratios: chemical evidence of Mediterranean ecosystem changes driven by human activity. *Deep-Sea Research, Part II: Topical Studies in Oceanography*, 49(11): 2007-2016.
- Bianchi, C. N., and C. Morri. (2000) Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin* 40: 367-376.
- Billen G, J Garnier (2007) River basin nutrient delivery to the coastal sea: assessing its potential to sustain new production of non-siliceous algae, *Marine Chemistry*, 106, 148–160.
- Blasco J, E Gonzales-Mazo, A Tovar-Sanchez (2010) Urban pressures on the Spanish mediterranean coasts, Proceedinds of the workshop «Impact of large mediterranean cities on marine ecosystems», Alexandria, Egypt, 10-12 Feb 2009, 51 – 55
- Blue World (2010) International research project: Aerial survey of dolphins in Adriatic sea. Press release.
- Bocchetti R, D Fattorini, B Pisanelli, S Macchia, L Oliviero, F Pilato, D Pellegrini, F Regoli (2008) Contaminant accumulation and biomarker responses in caged mussels, *Mytilus galloprovincialis*, to evaluate bioavailability and toxicological effects of remobilized chemicals during dredging and disposal operations in harbour areas, *Aquatic Toxicology*, 89, 257-266.
- Boehm D, D Page, S Brown, J Neff, E Bence (2005). Comparison of mussels and semi-permeable membrane devices as intertidal monitors of polycyclic aromatic hydrocarbons at oil spill sites. *Marine Pollution Bulletin*, 50, 740–750.
- Boero F (2003) *State of knowledge of marine and coastal biodiversity in the Mediterranean Sea. Project for the Preparation of a Strategic Action Plan for the conservation of biological diversity in the Mediterranean region.* (Sap BIO). United Nations Environmental Programme, Regional Activity Centre for Specially Protected Areas, Tunis. 29 pp.
- Boero F., E. Bonsdorff (2007) A conceptual framework for marine biodiversity and ecosystem functioning. *Marine Ecology* 28 (Suppl. 1): 134-145
- Boero F (2009) Recent innovations in marine biology. *Marine Ecology-An evolutionary perspective* 30 (suppl. 1): 1-12
- Boero F (2010) The study of species in the era of biodiversity: a tale of stupidity. *Diversity* 2: 115-126
- Boero F., Bouillon J., Gravili C., Miglietta M.P., Parsons T., Piraino S. (2008) Gelatinous plankton: irregularities rule the world (sometimes). *Marine Ecology Progress Series* 356: 299-310
- Boissery P (2010) Contribution of coastal cities of the alteration of the marine environment quality, Proceedinds of the workshop «Impact of large mediterranean cities on marine ecosystems», Alexandria, Egypt, 10-12 Feb 2009, 57 – 60

- Borg, J.A., Howege, H.M., Lanfranco, E., Micallef, S.A., Mifsud, C., Schembri, P.J. (1998) The macrobenthic species of the infralittoral to circalittoral transition zone off the northeastern coast of Malta. *Xjenza* 3(1): 16-24.
- Bianchi C, Morri C (2000) Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin* 40:367-376
- Bombace G., (2001) Influence of climatic changes on stocks, fishes and marine ecosystems in the Mediterranean Sea. *Archo. Oceanography Limnology* 22 : 67-72.
- Bonhomme D., Garrabou J., Pérez T., Sartoretto S., Harmelin J.G., (2003) Impact and recovery from a mass mortality event of the gorgonian *Paramuricea clavata* on the French Mediterranean coasts. *Geophysical Research Abstracts* 5 : 10676.
- Borell A, A Aguilar (2007) Organochlorine concentrations declined during 1987-2002 in western Mediterranean bottlenose dolphins, a coastal top predator. *Chemosphere*, 66, 347-352.
- Borghi V, C Porte (2002) Organotin pollution in deep-sea fish from the northwestern Mediterranean, *Environ Sci Technol*, 36,:4224–4228.
- Borja A, J Franco, V Valencia, J Bald, I Muxiha, MJ Belzunce, O Solaun (2004) Implementation of the European water framework directive from the Basque country (northern Spain): a methodological approach. *Marine Pollution Bulletin*, 48, 209–218.
- Borja A, SB Bricker, DM Dauer, NT Demetriades, JG Ferreira, AT Forbes, P Hutchings, X Jia, R Kenchington, JC Marques, C Zhu (2008) Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. *Marine Pollution Bulletin*, 56, 1519–1537
- Bosc E, A Bricaud, D Antoine, D (2004) Seasonal and interannual variability in algal biomass and primary production in the Mediterranean Sea, as derived from 4 years of SeaWiFS observations, *Global Biogeochemical Cycles*, 18, GB1005, doi:10.1029/2003GB002034.
- Boudouresque C.F (1996) Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. GIS Posidonie publ. Fr. : 1-243.
- Boudouresque C.F., (2004) Marine biodiversity in the Mediterranean: status of species, populations and communities. Scientific Report of the Port-Cros national Park, 20 : 97-146.
- Boudouresque C.F., (2008) Les especes introduites et invasives en milieu marin. Troisieme edition. GIS Posidonie publ., Marseilles : 201 p.
- Boudouresque C.F., Avon M., Gravez V. (édit.), (1991) Les espèces marines à protéger en Méditerranée. Deuxièmes Rencontres Scientifiques de la Côte Bleue, Carry-le-Rouet, 18-19 Nov. 1989. GIS Posidonie publ., Fr. : 1-448.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. (2006). Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. Ramoge publ., 200 pp.
- Boudouresque C.F., Verlaque M., (2002) Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. *Marine Pollution Bulletin* 44: 32-38.
- Bouloubassi I, L Mejanelle, R Pete, J Fillaux, A Lorre, V Point (2006) PAH transport by sinking particles in the open Mediterranean Sea: A 1 year sediment trap study, *Marine Pollution Bulletin*, 52, 560–571
- Bourrin F, P Friend, C Amos, E Manca, C Ulses, A Palanques, X Durrieu de Madron, C Thompson (2008) Sediment dispersal from a typical Mediterranean flood: The Tet River, Gulf of Lion. *Continental Shelf Research* 28 , 1895– 1910

- Boury-Esnault N, Ereskovsky AV, Bézac C, Tokina D (2003) Larval development in Homoscleromorpha (Porifera, Demospongiae) first evidence of basal membrane in sponge larvae. *Invertebrate Biology* 122:187–202.
- Bouzenoune A, K Remoum (2008) Granulometry and heavy mineral concentrations in Oued Zhour beach and dune sand (Jijel, northeastern Algeria), *Bulletin du Service Géologique National*, 19, 3, 287-302
- Brahim M, V Koutitonsky, B Bejaoui, C Sammari (2007) Numerical simulation of sand transport under the effect of winds in the gulf of Tunis. *Bull. Inst. Natl. Sci. Technol. Mer*, 34, 157-165
- Brautović, I. et al. (2007) Planktonic ostracods abundance in the deep Adriatic Sea. Rapport du 38e Congrès de la CIESM / Briand, F (ed). - Istanbul : Commission Internationale pour L'Exploration Scientifique de la mer Méditerranée , 2007. 441-441.
- Briand F (2003) Mare Incognitum? Exploring Mediterranean deep-sea biology. In: CIESM (ed), Heraklion, p 126
- Buia, M. C., Silvestre, F., Flagella, S., (2007) The application of the “CARLIT method” to assess the ecological status of the coastal waters in the gulf of Naples. In: UNEP MAP – SPA/RAC, 2007. Proceedings of the third Mediterranean symposium on marine vegetation (Marseille, 27-29 March 2007). C. Pergent-Martini, S. El Asmi, C. Le Ravallec edits., RAC/SPA publ., Tunis: 300p.
- Burgeot T, G Bocquene, C P o r t e, J Dimeet, M. santella, LM Garcia de la parra, A Pfhol-eszkowicz, C. R a o u x, F Galgani (1996) Bioindicators of pollutant exposure in the northwestern Mediterranean Sea, *Mar Ecol Prog Ser.*, 131, 125-141
- Buric, Z. et al. (2007) *Nova Hedwigia*. 84 (2007) 1-2; pp135-153.
- Buscail R, AE Foudil-Bouras, H Pauc (1998) Matière organique et pollution par les hydrocarbures dans les sédiments superficiels du golfe d'Arzew(mer Méditerranée, Algérie). *Oceanol. Acta*. 22,
- Cacaud, P (2005) Fisheries laws and regulations in the Mediterranean: a comparative study. Studies and Reviews-General Fisheries Commission for the Mediterranean (FAO).
- Caixach J, M Calvo, A Bartolomé, O Palacios, M Guerra, E Abad, J Rivera (2007) Analysis of PBDEs, DL-PCBs and PCDD/Fs in caged mussels in the Western Mediterranean Sea. Mytilos Project, *Organohalogen Compd*, 69, 243–246.
- CAMP (Montenegro) (2008) Montenegro Feasibility Study
- Campillo, J.A., C. Martínez-Gómez, B. Fernández, J. Benedicto and N. J. Valdés. 2007. Biological effects of contaminants in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Iberian Mediterranean coast. 101-115. In UNEP/MAP/MED POL: MED POL Biological Effects Monitoring Programme: Achievements and Future Orientations: Proceedings of the Workshop, Alessandria, Italy, 20 - 21 December 2006. MAP Technical Report Series No. 166. UNEP/MAP: Athens, 2007
- Canals M, P Puig, X Durrieu de Madron, S Heussner, A Palanques, J Fabres (2006) Flushing submarine canyons, *Nature*, 444, 354-357
- Carballo JL, Naranjo SA, Garcia-Gomez JC (1996) Use of marine sponges as indicators in marine ecosystems at Algeciras Bay (southern Iberian Peninsula). *Marine Ecology Progress Series* 135:109-122
- Cartes, J.E., Maynou, F., Sardà, F., Company, J.B., Llori, S D., Tudela, S. (2004) The Mediterranean deep-sea ecosystems: an overview of their diversity, structure, functioning and anthropogenic impacts. In: The Mediterranean deep-sea ecosystems: an overview of their diversity, structure, functioning and anthropogenic impacts, with a proposal for conservation. IUCN, Málaga and WWF, Rome.

- Castillo S, T Moreno, X Querol, A Alastuey, E Cuevas, L Herrmann, M Mounkaila, W Gibbons (2008) Trace element variation in size-fractionated African desert dusts. *Journal of Arid Environments* 72 1034–1045
- CEA (2007) Report on the state of environment in the Republic of Croatia. Croatian Environment Agency, Zagreb. Croatia
- CEA (2010) Database on indicators of marine environment, mariculture and fishery. Croatian Environment Agency, Zagreb Croatia
- Cebrian, D (1998a) La foca monje (*Monachus monachus* Hermann 1779) en el Mediterraneo oriental (Grecia y Croacia). Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. ISBN-84-669-1506-0 Madrid. 367 pp plus 2 appendix.
- Cebrian, D., (1998b) Conservation status of monk seal in three keys areas for the species in Greece. Environmental Research Bureau, Athens
- Cebrian, D (2009) Developing a network of specially protected areas of Mediterranean importance in the Mediterranean open seas including deep seas.GFCM: SAC/SCs/2009/ available at [http://151.1.154.86/GfcmWebSite/SAC/SCMEE/2009/Deep\\_Sea\\_SPAMI.pdf](http://151.1.154.86/GfcmWebSite/SAC/SCMEE/2009/Deep_Sea_SPAMI.pdf)
- Cebrian, D., Anagnostopoulou, K., Anagnostopoulou, A., (1995) Status of the population and habitat of the Mediterranean monk seal in Cyclades Islands. Report to the D. G. XI of the Commission of the European Communities. Environmental Research Bureau, Athens
- Cerrano C., Bavestrello G., Bianchi C.N., Cattaneo-Vietti R., Bava S., Morganti C., Morri C., Picco P., Sara G., Schiaparelli S., Siccardi A., Sponga F., (2000) - A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (NW Mediterranean), summer 1999. *Ecology Letters* 3 : 284-293.
- Chalkiadaki M, M Scoullou, M Dassenakis (2002) Determination of trace metals extracted from marine litter under simulated natural conditions, 1st Scientific Conference of EFMS, Athens, 27-29 September 2002.
- Chapman PM, F Wang (2001) Assessing sediment contamination in estuaries, *Environ. Toxicol. Chem.*, 20, 1, 3-22
- Chiavarini S, P Massanisso, P Nicolai, C Nobili, R Morabito (2003) Butyltins concentration levels and imposex occurrence in snails from the Sicilian coasts (Italy), *Chemosphere*, 50, 311–9
- Chiffolleau JF, D Auger, N Roux, E Rozuel, A Santini (2005) Distribution of silver in mussels and oysters along the French coasts: Data from the national monitoring program, *Marine Pollution Bulletin*, 50, 1713–1744
- Chiffolleau JF, C Bonneau (1994) Chromium Content in French Coastal Mussels and Oysters. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 28, No. 7, 458-460
- CIESM (2008a) The Messinian Salinity Crisis from mega-deposits to microbiology - A consensus report. N° 33 in *CIESM Workshop Monographs* [F. Briand, Ed.], 168 pages, Monaco.
- CIESM (2008b) Climate warming and related changes in Mediterranean marine biota. N° 35 in *CIESM Workshop Monographs* [F. Briand, Ed.], 152 pages, Monaco.
- Cincinelli A, A Stortini, M Perugini, L Checchini, L Lepri (2005) Organic pollutants in sea-surface microlayer and aerosol in the coastal environment of Leghorn—Tyrrhenian Sea, *Journal of Environmental Monitoring*, 7, 12, 1305-1312
- CoNISMa. (2002) Interreg II Italia-Albania. Asse 3 - Ambiente. Misura 3.1 - Progetto di una rete di monitoraggio delle acque marine del Basso Adriatico. Vol I-II e Relazione Finale Sintetica.

- Cukrov, M., Despalatovic, M., Zuljevic, A., Cukrov, N. (2010) First record of the introduced fouling tubeworm *Ficopomatus enignaticus* (Fauvel, 1923) in the Eastern Adriatic Sea, Croatia. *Rapp. Comm. int. Mer. Med.*, 39: 108.
- Corsi I, M Mariottini, C Sensini, L Lancini, S Focardi (2003) Fish as bioindicators of brackish ecosystem health: integrating biomarker responses and target pollutant concentrations, *Oceanologica Acta*, 26, 129-138.
- Cossa D, M Harmelin-Vivien, C Mellon-Duval, V Loizeau, (2009) Bioamplification of methylmercury in two trophically dissimilar marine ecosystems, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73, 13S, A245, 2009
- Criado-Aldeanueva F, J del Rio Vera, J Garcia-Lafuente (2008) Steric and mass-induced Mediterranean sea level trends from 14 years of altimetry data, *Global and Planetary Change*, 60, no. 3-4, 563-575
- Crispi G, M Pacciaronia (2009) Long-term numerical evolution of the nitrogen bulk content in the Mediterranean Sea . *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Volume 83, Issue 2, 20 June 2009, Pages 148-158
- Crispi G, A Crise, C Solidoro (2002) Coupled Mediterranean ecomodel of the phosphorus and nitrogen cycles, *Journal of Marine Systems*, 33–34, 497–521
- Cucco A, A G De Falco, M Ghezzi, G Umgiesser (2006) Water circulation and transport timescales in the Gulf of Oristano, *Chemistry and ecology*, . 22, 1, S307-S331
- Dauvin JC ( 2010) Towards an impact assessment of bauxite red mud waste on the knowledge of the structure and functions of bathyal ecosystems: The example of the Cassidaigne canyon (north-western Mediterranean Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 60 (2010) 197–206
- Demirov E, N Pinardi (2007) On the relationship between the water mass pathways and eddy variability in the western Mediterranean Sea, *Journal of Geophysical Research*, 112, .C2, C02024
- Denis L, C Grenz (2003) spatial variability in oxygen and nutrient fluxes at the sediment-water interface on the continental shelf in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) Variabilité spatiale des flux d'oxygène et de sels nutritifs à l'interface eau-sédiment dans le golfe du Lion (Méditerranée nord-occidentale). *Oceanologica Acta* 26 (2003) 373-389
- Deudero S, A Box, D March, JM Valencia, AM Grau, J Tintore, J Benedicto (2007) Temporal trends of metals in benthic invertebrate species from the Balearic Islands, Western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin* ; 54 (2007) 1523–1558
- Devlin M, S Painting, M Best (2007) Setting nutrient thresholds to support an ecological assessment based on nutrient enrichment, potential primary production and undesirable disturbance. *Marine Pollution Bulletin*, 55, 65–73
- Di Lauro A, F Fernexa, G Fierro, JL Ferranda, JP Pupina, J Gasparroc (2004) Geochemical approach to the sedimentary evolution of the Bay of Nice (NW Mediterranean sea), *Continental Shelf Research*, 24, 223–239
- Di Leonardo R, S Vizzini, A Bellanca, A Mazzola (2009) Sedimentary record of anthropogenic contaminants (trace metals and PAHs) and organic matter in a Mediterranean coastal area (Gulf of Palermo, Italy), *Journal of Marine Systems* 78 (2009) 136–145
- Diez M, A Albanos, M Bayona (2002) Organotin contamination in sediments from the Western Mediterranean enclosures following 10 years of TBT regulation, *Water Research*, 36, 905–918
- Diez S, J Bayona (2009) Butyltin occurrence and risk assessment in the sediments of the Iberian Peninsula, *Journal of Environmental Management*, 90, 25–30

- Dimech, M., Borg, J.A. & Schembri P.J. (2004). Report on a video survey of an offshore area off Zongor Point (eastern coast of Malta), made as part of baseline ecological surveys in connection with the establishment of an 'aquaculture zone'; Phase I of Survey, made in April 2004. Malta: Independent Consultants; 10pp + video.
- Frantzis A. & Herzing D., 2002. Mixed-species associations of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*), short beaked common dolphins (*Delphinus delphis*) and Risso's dolphins (*Grampus griseus*) in the Gulf of Corinth (Greece, Mediterranean Sea). *Aquatic Mammals* 28(2): 188-197.
- Djavidnia, S. et al. (2005) Oxygen Depletion Risk Indices - OXYRISK & PSA V2.0: New developments, structure and software content. *JRC Report*.
- Djemai M, M Mesbah (2008) Physicochemical and bacteriological water characterization of the Oued Aissi drainage basin (Great Kabylia, Algeria) . *Bulletin du Service Geologique National*, vol. 19, no. 1, 51-70
- Doğan, A., Nerlovic, V. 2008. On the occurrence of *Pinctada radiata* (Mollusca: Bivalvia: Pteriidae) an alien species from the Croatian waters. *Acta Adriatica*, 49(2): 155–158.
- Doglioli D, MG Magaldi, L Vezzulli, S Tucci ( 2004) Development of a numerical model to study the dispersion of wastes coming from a marine fish farm in the Ligurian Sea (Western Mediterranean), *Aquaculture*, 231, 215–235
- Dumont, J Harrison, C Kroeze, E Bakker, P Seitzinger (2005) Global distribution and sources of dissolved inorganic nitrogen export to the coastal zone: results from a spatially explicit, global model, *Global Biogeochemical Cycles*, 19, (doi:10.1029/2005GB002488).
- Durrieu de Madron X, O Radakovitch, S. Heussner, MD Loyer-Pilot, A Monaco (1999) Role of the climatological and current variability on shelf-slope exchanges of particulate matter: Evidence from the Rho( ne continental margin (NW Mediterranean). *Deep-Sea Research I*, 46, 1513-1538
- EEA (1999a) Nutrients in European ecosystems. *Environmental Assessment Report No. 4*, 155 pp
- EEA (1999b) Environment in the European Union at the turn of the century. *Environmental Assessment Report No. 2*, 446 pp.
- EEA/UNEP (1999) State and pressures of the marine and coastal Mediterranean environment. *EEA Environmental assessment series N°5 Environmental indicators: Typology and overview EEA Technical report No 25*, <http://reports.eea.eu.int/TEC25/en>).
- EEA (2007) Waterbase, v7. Available from: <<http://dataservice.eea.europa.eu/dataservice/metadetails.asp?id=984>>.
- Elbrächter M (1999) Exotic flagellates of coastal North Sea waters. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 5 : 235-242.
- EI Sayed M, A Aminot, R Kerouel (1994) Nutrients and trace metals in the northwestern Mediterranean under coastal upwelling conditions, *Continental Shelf Research*, 14, 5, 507-530
- Eljarrat E, A Monjonell, J Caixach, J Rivera (2002) Toxic potency of PCDDs, PCDFs and PCBs in food samples from Catalonia (Spain), *J. Agric. Food Chem.*, 50, 1161– 1167
- EPA, (1994) A conceptual framework to support the development and use of environmental information. EPA 230-R-94-012
- Ercegovic, A. (1932): Ekoloske i socioloske studije o litofitskim cijanoficejama sa jugoslavenske obale Jadrana (Ecological and sociological studies on lytophyte cyanophyceae of Yugoslav coast of Adriatic Sea). Rad JAZU 244, pp 129-220.
- Francese, M., Picciulin, M., Tempesta, M., Zuppa, F., Merson, E., Intini, A., Mazzatenta, A., Genov, T. 2007. Occurrence of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) in the Gulf of Trieste. *Annals Istr. Med. Studies* 17(2), 185-190.

EEA / UNEP (2006) Priority Issues in the Mediterranean Environment. EEA Report No 4

European Commission (2008) Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council. Document number C(2008) 6016 - 2008/915/EC). *Official Journal of the European Union*. L332, 20-44.

Eyrolle F, S Charmasson, D Louvat (2004) Plutonium isotopes in the lower reaches of the River Rhone over the period 1945–2000: fluxes towards the Mediterranean Sea and sedimentary inventories, *Journal of Environmental Radioactivity*, 74, 127–138X

Falco S, LF Niencheski, M Rodilla, I Romero, J Gonzalez del Rio, JP Sierra, C Mosso (2010) Nutrient flux and budget in the Ebro estuary. *Estuarine coastal shelf science*, 2010 , 92 –102.

Fanton d'Andon O, P Garnesson, A Mangin, N Ganzin, D Sauzade, A Morel (2005) Use of ocean colour observations to support the Water Framework Directive implementation. Session Ocean Colour II - 29 September 2005. Workshop MERIS (A) ATSR – European Space Agency (ESA)/ESRIN, Frascati, Italy.

Fernández B., Campillo J., Martínez-Gómez C. and Benedicto J. (2010) Antioxidant responses in gills of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) as biomarkers of environmental stress along the Spanish Mediterranean coast. *Aquatic Toxicology*, 99:186-197.

Ferrara F, N Ademollo, M Delise, F Fabietti, E Funari (2008) Alkylphenols and their ethoxylates in seafood from the Tyrrhenian Sea, *Chemosphere*, 72, 1279–1285

Ferre B, XC Estournel, C G Le Corre (2008) Impact of natural (waves and currents) and anthropogenic (trawl) resuspension on the export of particulate matter to the open ocean, *Continental Shelf Research*, 28, 15, 2071-2091

Ferreira J, S Andersen, A Borja, B Bricker, J Camp, A Cardoso da Silva, S Garcés, H Heiskanen, H Humborg, J Ignatiades, D Lancelot, A Menesguen, H Tett, S Hoepffner, K Claussen (2010) Marine Strategy Framework Directive Guidance. *Eutrophication Quality Descriptor. report of the TG 5 group*, 50 pages.

Fontana C, C Grenz, C Pinazo, F Marsaleix, F Diaz (2009) Assimilation of SeaWiFS chlorophyll data into a 3D-coupled physical–biogeochemical model applied to a freshwater-influenced coastal zone. *Continental Shelf Research* 29 , 1397–1409

Fossi MC, S Casini, L Marsili, G Neri, G Mori, S Ancora, A Moscatelli, A Ausili, G Notarbartolo-di-Sciara (2002) Biomarkers for endocrine disruptors in three species of Mediterranean large pelagic fish, *Marine Environmental Research*, 54, 667-671

Francour P., Boudouresque C.F., Harmelin J.G., Harmelin- Vivien M., Quignard J.P (1994). Are the Mediterranean waters becoming warmer ? information from biological indicators. *Marine Pollution Bulletin* 28 (9) : 523-526.

Frantzis A. & Herzing D.,(2002) Mixed-species associations of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*), short beaked common dolphins (*Delphinus delphis*) and Risso's dolphins (*Grampus griseus*) in the Gulf of Corinth (Greece, Mediterranean Sea). *Aquatic Mammals* 28(2): 188-197.

Fraschetti S., A. Terlizzi, F. Boero (2008) How Many habitats are there on Earth (and where)? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 366 (1-2): 109-115

Fredj, G., Meinardi, M. (1992) État des connaissances sur la faune marine méditerranéenne. *Bulletin de l'Institut océanographique*, Num. spec. 9: 133–145.

Freha H, A Couté, G Mascarell, C Perrette-Gallet, M Ayada, M Kara (2007) Dinoflagellés toxiques et/ou responsables de blooms dans la baie d'Annaba (Algérie). *C. R. Biologie*, Volume 330, 8, 615-628

- Galgani F, C Martinez-Gómez, F Giovanardi, G Romanelli, J Caixach, A Cento, A Scarpato, S BenBrahim, S Messaoudi, S Deudero, M Boulahdid, J Benedicto, B Andral (2010) Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbon concentrations in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Western basin of the Mediterranean Sea, *Environ Monit Assess*, DOI 10.1007/s10661-010-1335-5
- Galgani F, A Souplet, Y Cadiou (1996) Accumulation of debris on the deep sea floor of the French Mediterranean coast, *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 142, 225–234 (doi:10.3354/meps142225)
- Galgani F, JF Chiffolleau, V Orsoni, L Costantini, P Boissery, S Calendini, B Andral (2006) Chemical contamination and sediment toxicity along the coast of Corsica. *Chem. Ecol.*, 22, 299-312
- Galgani F, JP Leaute, P Moguedet, A Souplet, Y Verin, A Carpentier, H Goragner, D Latrouite, B Andral, Y Cadiou, JC Mahe, JC Poulard, P Nerisson (2000). Litter on the Sea Floor Along European Coasts. *Marine Pollution Bulletin* 40(6):516-527. (doi:10.1016/S0025-326X(99)00234-9)
- Galil, B.S (2000) A sea under siege – alien species in the Mediterranean. *Biol. Invasions* 2:177-186.
- Galil BS, Kress N, Shiganova TA (2009) First record of *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 (Ctenophora; Lobata; Mnemiidae) off the Mediterranean coast of Israel. *Aquatic Invasions* 4(2): 356-362.
- Galil BS, Shoal L, Goren M (2009) *Phyllorhiza punctata* von Lendenfeld, 1884 (Scyphozoa: Rhizostomeae: Mastigiidae) reappeared off the Mediterranean coast of Israel. *Aquatic Invasions* 4(3): 381-389.
- Garcia N, P Raimbault, E Gouze, V Sandroni (2006) Fixation de diazote et production primaire en Méditerranée occidentale. *C. R. Biologie*, 329 (2006) 742–750
- Garcia-Castellanos D, F Estrada, I Jimenez-Munt, C Gorini, M Fernandez, J Verges, R De Vicente (2009) Catastrophic flood of the Mediterranean after the Messinian salinity crisis *Nature (London)*, vol. 462, no. 7274, pp.778-781, 10 Dec 2009
- Garcia-Orellana J, JM Pates, P Masque, JMBurach, J Sanchez-Cabeza (2009) Distribution of artificial radionuclides in deep sediments of the Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment*. 407: 887-898
- Garić, R., Batistic, M. (2010) *Fritillaria ragusina* sp. nov., a new species of Appendicularia (Tunicata) from the Adriatic Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* (0025-3154) .Genov, T., Kotnjek, P. Lesjak, J., Hace, A. 2008. Bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*) in Slovenian and adjacent waters. *Annals Istr. Med. Studies* 18(2), 217-244.
- Garrabou, J. (1997) Structure and dynamics of north-western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient: a Geographical Information System (GIS) approach. Ph. D. Thesis. University of Barcelona. 214 pp.
- Gasparini G, A Ortona, G Budillon, E Astraldi, M Sansone (2005) The effect of the Eastern Mediterranean Transient on the hydrographic characteristics in the Strait of Sicily and in the Tyrrhenian Sea, *Deep Sea Research (Part I)*, 52, 6, 915-935
- Genov, T., Kotnjek, P., Lipej, L. (2009) New record of the Humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the Adriatic Sea. *Annals Istr. Med. Studies* 19(1), 25-30.
- Gervais A, B Savoye, T Mulder (2003) The distal sandy lobe: a heavy deposit? A new approach from very high resolution seismic data. 9th French Congress on Sedimentology - Abstracts no. 38, 226-227
- Giordani G, JM Zaldivar, P Viaroli (2009) Simple tools for assessing water quality and trophic status in transitional water ecosystems. *Ecological Indicators*, 9: 982-991.

- Giorgi F, P Lionello (2008) Climate change projections for the Mediterranean region  
Global and Planetary Change, 63, 2-3, 90-104
- Gjijknuri, L. (1980) Results of the echinoderms study on the Albanian coast, Doctorate theses.  
University of Tirana, Faculty of Natural Sciences. (in Albanian).
- Glamuzina, B. et al. (2009) Integralni planovi razvoja školjkarstva područja Malostonskog zaljeva, ušća rijeke Krke i akvatorija sjeverozapadnog dijela Zadarske županije (Integral development plans of shell mariculture in Maloston Bay, Krka Estuary and aquatory of NW Zadar County). Project COAST. UNDP Croatia, Zagreb
- Glover, A.G, Gooday, A.J., Bailey, D.M., Billett, D.S.M., Chevaldonné, P., Colaço, A., Copley, J., Cuvelier, D., Desbruyères, D., Kalogeropoulou, V., Klages, M., Lampadariou, N., Lejeune, C., Mestre, N.C., Paterson, G.L.J., Pérez, T., Ruhl, H. Sarrazin, J., Soltwedel, T., Soto, E.H., Thatje, S., Tselepides, A., Van Gaever, S., Vanreusel, A. (2010). Climatic and geological drivers of long-term temporal change in deep-sea ecosystems. *Advances in Marine Biology* (sous presse).
- Gobert S, S Sartoretto, V Rico-Raimondino, B Andral, A Chery, P Lejeune, P Boissery (2009) Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index: PREI . *Marine Pollution Bulletin*, 58, 11, 1727-1733
- Goffart A., Hecq J.H., Legendren L., (2002) - Changes in the development of the winter-spring phytoplankton bloom in the Bay of Calvi (Northwestern Mediterranean) over the last two decades: a response to the changing climate. *Marine Ecology Progress Series* 235 : 387-399.
- Gohin F, JN Druon, L Lampert (2002) A five channel chlorophyll concentration algorithm applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in coastal waters. *International Journal of Remote Sensing*, 23, 1639-1661.
- Golani, D. 2002. Lessepsian fish migration - characterization and impact on the eastern Mediterranean. In: Öztürk, B., Başusta, N. (eds.), Workshop on Lessepsian Migration, Proceedings. Turkish Marine Research Foundation, Istanbul. Pp: 1-9
- Gomez F., (2003) - The toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*: an invader in the Mediterranean Sea. *Acta Botanica Croatia* 62 : 65-72.
- Gomara B, L Bordajandi, M Fernandez, L Herrero, E Abad, M Abalos, J Rivera (2005) Levels and trends of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/ furans (PCDD/ Fs) and dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs) in Spanish commercial fish and shellfish products, 1995–2003, *J. Agric. Food Chem.*, 53, 8406–8413.
- Gomercic, T. et al. (2008) Znanstvena analiza tri područja (HR5000032, HR3000419, HR3000426) važnih za vrstu dobri dupin (*Tursiops truncatus*) izrađena za potrebe izrade prijedloga potencijalnih NATURA 2000 područja Association Val, 2008.
- Gomez F., Claustre H., (2003) - The genus *Asterodinium* (Dinophyceae) as possible biological indicator of warming in the western Mediterranean Sea. *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom* 83 : 173-174.
- Grimes S., (2008) Impact des changements climatiques sur la biodiversité marine et côtière en Algérie. CAR ASP/PNUE.
- Gomez-Ariza JL, E Morales, I Giraldez, R Beltran, J Escobar (1997) Acid/ extraction treatment of bivalves for organotin speciation, *Fres J Anal Chem* 1997;357, 1007–1009.
- Gomez-Ariza JL, M Santos, E Morales, I Giraldez, D Sanchez-Rodas, N Vieira (2006) Organotin contamination in the Atlantic Ocean of the Iberian Peninsula in relation to shipping, *Chemosphere*, 64, 1100–8

- Gomez-Gutiérrez A, E Garnacho, J. Bayona, J Albaigés (2007) Screening ecological risk assessment of persistent organic pollutants in Mediterranean sea sediments. *Environment International*, 33, 867–876
- Gomez-Gutierrez A, E Jover, L Bodineau, J Albaiges, JM. Bayona (2006) Organic contaminant loads into the Western Mediterranean Sea: Estimate of Ebro River inputs. *Chemosphere* 65 (2006) 224–236
- Gomez-Gutierrez et al. (2007) Assessment of the Mediterranean sediments contamination by persistent organic pollutants. *Environmental Pollution*, 148, 396- 408
- Gonzalez JL (2007) in Sauzade D. Andral B., Gonzalez J-L., Galgani F., Grenz C., Budzinski H., Togola A. et Lardy S., 2007. Synthèse de l'état de la contamination du golfe de Marseille. Rapport de synthèse. Programme MEDICIS/METROC, 99 p.
- Gonzalez J.L., Boutier B. and Griscom S. (2005) Evaluation of the role of natural organic matter (NOM) on the speciation of metal contaminants: use of passive samplers (DGT). 1st International Workshop on Organic Matter Modeling, WOMM05, Toulon, 16-18 Novembre 2005.
- Gorsky G, L Prieur, I. Taupier-Letage, L. Stemmann, M. Picheral (2002) Large particulate matter in the Western Mediterranean . LPM distribution related to mesoscale hydrodynamics, *Journal of Marine Systems*, 33– 34, 289– 311
- Gotsis-Skretas O. & Ignatiades L (2007) The distribution of chlorophyll a in the Aegean and Ionian Sea. pp 24-27 In SoHelFi, 2007
- Grémare A, JM Amouroux,, G Cauwet, F Charles, C Courties, F De Bovée, A Dinet, J L Devenon, XD De Madron, B Ferre, P Fraunie, F Joux, F Lantoine, P Lebaron, JJ Naudin, A Palanques, M Pujo-Pay, L Zudaire (2003) The effects of a strong winter storm on physical and biological variables at a shelf site in the Mediterranean Effets d'une forte tempête hivernale sur les variables physiques et biologiques à une station côtière méditerranéenne , *Oceanologica Acta* , 26, 407–419
- Guarracino M, B Barnier, P Marsaleix, X Durrieu de Madron, A Monaco, K Escoubeyrou, JC Marty (2006) Transfer of particulate matter from the northwestern Mediterranean continental margin: Variability and controlling factors, *Journal of Marine Research*, 64, 2, 195-220
- Guermoud N, F Ouadjnia, F Abdelmalek, F Taleb, A addou (2009) Municipal solid waste in Mostaganem city (Western Algeria), *Waste Management*, 29 ,896–902
- Hu Z, AM Doglioli, A. Petrenko, P Marsaleix, I. Dekeyser (2009) Numerical simulations of eddies in the Gulf of Lion, *Ocean Modelling*, 28, 203–208
- Guinotte, J.M. R. W. Buddemeier and J. A. Kleypas (2003) Future coral reef habitat marginality: temporal and spatial effects of climate change in the Pacific basin. *Coral Reefs* 22: 551-558.
- Halpern, B. S., K. A. Selkoe, F. Micheli, C. V. Kappel (2007) Evaluating and ranking the vulnerability of marine ecosystems to anthropogenic threats. *Conservation Biology* 21: 1301-1315.
- Halpern, B.S., S. Waldbridge, K.A. Selkoe, C. V. Kappel, F. Micheli and 14 others (2008) A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319: 948-952.
- Hamza A.; Mo G.; Tayeb K, (2003) results of preliminary mission carried out in Cyrenaica, Libya, to assess Monk seal presence and potential costal habitat, *Monachus Science* 6 (1).
- Harmelin J.G., Bouchon C., Hong J.S., (1981) Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée Nord-Occidentale). *Téthys* 10(1) : 13-36.
- Harmelin J.G., J. Vacelet, P. Vasseur, (1985) Les grottes sous-marines obscures: un milieu extrême et un remarquable biotope refuge. *Téthys* 11 (3-4), pp. 214- 229.

- Harmelin J.G., Marinopoulos J., (1994) - Population structure and partial mortality of the gorgonian *Paramuricea clavata* (Risso) in the north-western Mediterranean (France, Port-Cros Island). *Marine Life* 4 (1) : 5-13.
- Hendershott, M. C., and P. Rizzoli (1976) The winter circulation in the Adriatic Sea. *Deep-Sea Res.*, 23, 353–373.
- Holcer, D. et al. (2010) Utvrđivanje brojnosti i distribucije dupina na području Viškog arhipelaga, te davanje preporuka za očuvanje i održivo korištenje utvrđenih posebno značajnih područja. Izvještaj o provođenju projekta. (Study on abundance and distribution of dolphins in Vis Archipelago area with recommendations for conservation and sustainable use of especially important sites. Report on the project implementation). Plavi svijet (Blue World Association), Veli Lošinj. 61 pp.
- Hong, J.S. (1980) Étude faunistique d'un fond de concrétionnement de type coralligène soumis à un gradient de pollution en Méditerranée nord-occidentale (Golfe de Fos). Thèse de Doctorat . Université d'Aix -Marseille II. 134 pp.
- Hong, J.S. (1983) Impact of the pollution on the benthic community. Environmental impact of the pollution on the benthic coralligenous community in the Gulf of Fos, northwestern Mediterranean. *Bulletin Korean Fisheries Society*, 16(3): 273-290.
- Hydro (2006) Available from: <<http://www.hydro.eaufrance.fr/>>.
- ICES (2009) Report of the Working Group on Biological Effects of Contaminants (WBGEC).
- IMAS-Fish (2007) Integrated Database & GIS Fisheries Information System, Institute of Marine Biological Resources / Hellenic Centre for Marine Research World Wide Web electronic version (<http://amfitrion.ncmr.gr:7778/imasfish>).
- Institut for Marine Biology- Mačić, (2010) Report
- Ismail S, R Gerin, G Notrastefano, C Sammari, PM Poulain (2007) Surface circulation and water masses properties in the Sicily Channel in 2005-2006, 38th CIESM Congress Proceedings, 38, 126
- Jardas, I. et al. (2008) Red book of sea fishes of Croatia. Ministry of Culture; State Institute for Nature Protection, Zagreb. 396 pp
- Jasprica, N., Hafner, D. (2005) Raznolikost fitoplanktona u delti Neretve (Phytoplankton diversity in the Neretva River delta). *Priroda* No 930: 10-13. Johnston, P., Santillo, D. 2004. Conservation of seamount ecosystems: application of a marine protected areas concept. *Archive of Fishery and Marine Research* 51: 305-319.
- Jobling S, M Nolan, C R Tyler, G Brighty, JP Sumpter (1998) Widespread Sexual Disruption in Wild Fish, *Environmental Science & Technology*, 32, 2498-2506.
- Johnston E, DA Roberts (2009) Contaminants reduce the richness and evenness of marine communities: A review and meta-analysis, *Environmental Pollution*, 157, 1745-1752.
- Johnston P, Santillo D (2004) Conservation of seamount ecosystems: application of a marine protected areas concept. *Archive of Fishery and Marine Research* 51:305-319
- Joksimovic, A., Dragicević, B. and Dulčić, J. (2009) Additional record of *Fistularia commersonii* from the Adriatic Sea (Montenegrin coast). *JMBA 2 Biodiversity Records* Vol. 2, e28. doi:10.1017/S1755267208000328
- Jorda G, E Comerma, R Bolanos, M Espino (2007) Impact of forcing errors in the CAMCAT oil spill forecasting system. A sensitivity study, *Journal of Marine Systems*, Vol. 65, 1-4, 134-157
- Jordi A, DP Wang (2009) Mean dynamic topography and eddy kinetic energy in the Mediterranean Sea: Comparison between altimetry and a 1/16 degree ocean circulation model, *Ocean Modelling*, 29, 137–146

- Jordi A, JM Klinck, JG Basterretxea, A Orfila, J Tintore (2008) Estimation of shelf-slope exchanges induced by frontal instability near submarine canyons, *Journal of Geophysical Research*, vol. 113, no. C5, Citation C05016
- Karafistan A, JM Martin, M Rixen, JM Beckers (2002) Space and time distributions of phosphate in the Mediterranean Sea, *Deep-Sea Research I*, 49, 67–82
- Kashta, L., Beqiraj, S., Mato, Xh., Xhulaj, M., Gaçe, A., Mullaj, A. (2005) The inventory of habitats with *Posidonia oceanica* and littoral habitats in Albania. Technical Report, APAWA, Tirana, supported by Ministry of Environment (Unpublished report, in Albanian and Italian).
- Kashta, L., Xhulaj, M., Mato, Xh., Beqiraj, S., Gaçe, A. (2007) The state of *Posidonia* meadows along the Albanian coast: general evaluation. Proceedings of the Third Mediterranean Symposium on Marine Vegetation, Marseilles, 27-29 March 2007: 272 – 273.
- Katsanevakis S (2008) Marine debris, a growing problem: Sources, distribution, composition, and impacts. In: Hofer TN (ed) *Marine Pollution: New Research*. Nova Science Publishers, New York., 53–100
- Kherroubi A, J Deverchere, A Yelles, B Mercier de Lepinay, A Domzig, A Cattaneo, R Bracene, V Gaullier, D Graindorge (2009) Recent and active deformation pattern off the easternmost Algerian margin, Western Mediterranean Sea: New evidence for contractional tectonic reactivation, *Mar. Geol.*, 261, 1-4, 17-32
- Khodja Ali, H; Belaala, A; Demmane-Debbih, W; Habbas, B; Boumagoura, N (2008) Air quality and deposition of trace elements in Didouche Mourad, Algeria. *Environ. Monit. Assess.*, Vol. 138, no. 1-3, 219-231.
- Khripounoff A, A Vangriesheim, P Crassous, J Etoubleau (2009) High frequency of sediment gravity flow events in the Var submarine canyon (Mediterranean Sea), *Marine Geology*, 263, 1–6.
- Kirincic, M., Stevcic, Z. (2008) Fauna of the Adriatic decapod crustaceans (Crustacea: Decapoda). Vol.17 No. 2.
- Kitsos, M.S., Anastasiadou, Ch., Tzomos, Th., Chatzopoulos, Ch., Koukoura, A. & Koukouras, A., (2006) The decapod (Crustacea, Malacostraka, Caridoida) fauna of the Aegean Sea and comparison with those of the neighbouring seas. 10th International Congress on the Zoogeography and Ecology of Greece and Adjacent Regions, Patras, Greece, Abstract
- Korres G, N Pinardi, A Lascaratos (2000) The Ocean Response to Low-Frequency Interannual Atmospheric Variability in the Mediterranean Sea. Part I: Sensitivity Experiments and Energy Analysis, *Journal of Climate*, 13, 4, 705-731
- Krsinic, F. (2003) *Mesaiokeras hurei n.sp.* (Copepoda, Calanoida, Mesaiokeratidae) from the Adriatic Sea. *Journal of Plankton Research*. 25 (8): 939-948.
- Krsinic, F. (2005a) *Speleohvarella gamulini gen. et sp. nov.*, a new copepod (Calanoida, Stephidae) from an anchialine cave in the Adriatic Sea. *Journal of Plankton Research*. 27(6): 607-615.
- Krsinic, F. (2005b) *Badijella jalzici* - a new genus and species of calanoid copepod (Calanoida, Ridgewayiidae) from an anchialine cave on the Croatian Adriatic coast. *Marine Biology Research*, 1(4): 281-289.
- Krsinic, F. (2008) Description of *Speleophria mestrovi sp. nov.*, new copepod (Misophrioida) from an anchialine cave in the Adriatic Sea. *Marine Biology Research*. 4: 304-312.
- Krsinic, F. et al. (2000) The calanoid copepod *Acartia italica* Steuer, phenomenon in the small saline Lake Rogoznica (Eastern Adriatic coast). *Journal of Plankton Research*, 22(8): 1441–1464.
- Krsinic, F., Grbec, B. (2002) Some distributional characteristics of small zooplankton at two stations in the Otranto Strait (Eastern Mediterranean). *Hydrobiologia*. 482: 119-136.

- Kruzic, P. (2008). Red List of Sea Anemones of Croatia. State Institute for Nature Protection, Zagreb.
- Kruzic, P., Pozar-Domac, A. (2002) Skeleton growth rates of coral bank of *Cladocora caespitosa* (Anthozoa, Scleractinia) in lake Veliko jezero (Mljet National Park). *Periodicum Biologorum*, 104(2): 123–129.
- Laborel J., Vacelet J., (1959) –Les grottes sous-marines obscures en Méditerranée. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 248 : 2619-2621
- Laborel, J. (1961) Le concretionnement algal "coralligène" et son importance géomorphologique en Méditerranée. *Recueil Travaux Station Marine d'Endoume*, 23: 37-60.
- Laborel, J. (1987) Marine biogenic constructions in the Mediterranean. *Scientific Reports of Port-Cros National Park*, 13: 97-126.
- Ladji R, N Yassaa, A Cecinato, B Y Meklati (2007) Seasonal variation of particulate organic compounds in atmospheric PM10 in the biggest municipal waste landfill of Algeria . *Atmospheric Research*, 86, 249–260
- Lafabrie C, G Pergent, C Pergent-Martini (2009) Utilization of the seagrass *Posidonia oceanica* to evaluate the spatial dispersion of metal contamination. *Sci. Total Environ.*, 407, 7, 2440-2446
- Lassaletta L, H García-Gómez, BS Gimeno, JV Rovira (2009) Agriculture-induced increase in nitrate concentrations in stream waters of a large Mediterranean catchment over 25 years (1981–2005). *Science of the Total Environment*, 407, 6034–6043
- Lafabrie C, G. Pergent, R. Kantin, C. Pergent-Martini, JL Gonzalez (2007) Trace metals assessment in water, sediment, mussel and seagrass species – Validation of the use of *Posidonia oceanica* as a metal biomonitor. *Chemosphere* 68 (2007) 2033–2039
- Lahbib DA, K Anouar (2005) Plan d'action national PAS. Rapport du Ministère de l'environnement du Maroc, 103 pages
- Lazar, B. (2009) Kritična stanista glavate zelve (*Caretta caretta*) u ribolovnom moru Republike Hrvatske – prijedlog potencijalnih NATURA 2000 područja. Izvjestaj Državnom zavodu za zaštitu prirode (Critical habitats of Loggerhead turtle *Caretta caretta* in fishery area of the Republic of Croatia – proposal for potential NATURA 2000 sites. Report for the State Institute for Nature Protection). Zagreb. 2666/08-1. 27 pp.
- Lazar, B., Tvrtkovic, N. (2003) Corroboration of the critical habitat hypothesis for the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* in the eastern Adriatic Sea. In: Margaritoulis D., Demetropoulos, A. (Ed) Proceedings of the First Mediterranean Conference on Marine Turtles. Barcelona Convention – Bern Convention – Bonn Convention (CMS): pp 165-169.
- Lipej, L., Dulčić, J., Kryštufek, B. 2004. On the occurrence of the fin whale (*Balaenoptera physalus*) in the northern Adriatic. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 84(4): 861-862.
- Lee S, F Mantoura, P Povinec, J Sanchez-Cabeza, J-L Pontis, A Mahjoub, A Noureddine, M Boulahdid, L Chouba, M Samaali, N Reguigui (2006) Distribution of anthropogenic radionuclides in the water column of the south-western Mediterranean Sea, *Radioactivity in the Environment*, 8, 137-147
- Lejeusne, C, Chevaldonné, P., Pergent-Martini, C, Boudouresque, C F., Perez, T. (2010) Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends in Ecology & Evolution* 25, 4: 250-260
- Lemghich M, M Benajiba (2007) Survey of imposex in prosobranch mollusks along the northern Mediterranean coast of Morocco, *Ecological Indicators*, 7, 209–214
- Leredde Y, C Denamiel, E Brambilla, C Lauer-Leredde, F Bouchette, P Marsaleix (2007) Hydrodynamics in the Gulf of Aigues-Mortes, NW Mediterranean Sea: In situ and modelling data , *Continental Shelf Research*, 27, 2389-2406

- Lespinas F, (2008) Impacts du changement climatique sur l'hydrologie des fleuves côtiers en région Languedoc-Roussillon. Thèse de Doctorat, Université de Perpignan Via Domitia, pp. 334.
- Lipej, L., Turk, R., Makovec, T. (2006) *Endangered species and habitat types in the Slovenian sea*. Agency for nature conservation, Slovenia, 1 – 256 pp.
- Lionetto M, R Caricato, M Giordano, M Pascariello, L Marinosci, T Schettino (2003) Integrated use of biomarkers (acetylcholinesterase and antioxidant enzymes activities) in *Mytilus galloprovincialis* and *Mullus barbatus* in an Italian coastal marine area, *Marine Pollution Bulletin*, 46, 324-330.
- Livingston H, P Povinec (2000) Anthropogenic marine radioactivity, *Ocean & Coastal Management*, 43, 689-712
- Luan TG, J Jin, S Chan, Y Wong, N Tam (2006) Biosorption and biodegradation of tributyltin (TBT) by alginate immobilized *Chlorella vulgaris* beads in several treatment cycles, *Process Biochem*, 41, 1560–1565.
- Ludwig W, E Dumont, M Meybeck, S Heussner (2009) River discharges of water and nutrients to the Mediterranean and Black Sea: Major drivers for ecosystem changes during past and future decades? *Progress in Oceanography*, 80, 199–217
- Ludwig W, M Meybeck, F Abousamra, F (2003) Riverine transport of water, sediments, and pollutants to the Mediterranean Sea. UNEP MAP Technical report Series 141, UNEP/MAP Athens, 111 pp. Available from: <<http://www.unepmap.org/>>.
- Makovec, T. (1995) Occurring of the Mediterranean Shearwater *Puffinus yelkouan* on the Slovenian coast. *Falco* 9: 17-20. (In Slovenian)
- Malanotte-Rizzoli, P.,(1977) Winter oceanographic properties of Northern Adriatic Sea. Cruise January–February 1972. *Arch. Oceanogr. Limnol.*, 19, 1–45.
- Marčeta, B. (2002) Slovene commercial fishery by-catch. National Action Plan. 13 pp.
- Matjašič, J., Štirn, J., Kubik, L., Valentiničič, T., Velkovrh, F., Vukovič, S. (1975) Fauna and flora of the north Adriatic. *Academia scientiarum et artium Slovenica. Class IV: Historia naturalis*. Pp. 1-54.
- Magni P, G De Falco, C Falugi, M Franzoni, M Monteverde, E Perrone, M Sgro, C Bolognesi (2006) Genotoxicity biomarkers and acetylcholinesterase activity in natural populations of *Mytilus galloprovincialis* along a pollution gradient in the Gulf of Oristano (Sardinia, western Mediterranean), *Environmental Pollution*, 142, 1, 65-72.
- Mangialajo M, N Ruggieri, V Asnaghi, M Chiantore, P Povero, R Cattaneo-Vietti (2007) Ecological status in the Ligurian Sea: The effect of coastline urbanisation and the importance of proper reference sites, *Marine Pollution Bulletin*, 55, 2007-2011
- Marbà N., Duarte C.M. (2010) Spanish document aiming at the identification of important ecosystem properties and assessment of ecological status and pressures to Mediterranean marine and coastal biodiversity. Contract RAC/SPA, N° 73-2009: 56 of pages.
- Marin-Guirao L, A Cesar, A Marin, J Lloret, R Vita (2005) Establishing the ecological quality status of soft-bottom mining-impacted coastal water bodies in the scope of the Water Framework directive, *Marine Pollution Bulletin*, 50, 4, 374-387
- M. Marini, et al., (2010) / *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 88: 395-406)
- Martín J, JA Sanchez-Cabeza, M Eriksson, I Levy, JC Miquel (2009) Recent accumulation of trace metals in sediments at the DYFAMED site (Northwestern Mediterranean Sea) *Marine Pollution Bulletin*, Volume 59, 4-7, 146-153.

- Martin-Diaza L, S Franzellitti, S Buratti, P Valbonesi, A Capuzzo, E Fabbri (2009) Effects of environmental concentrations of the antiepileptic drug carbamazepine on biomarkers and cAMP-mediated cell signaling in the mussel *Mytilus galloprovincialis*, *Aquatic Toxicology*, 94, 177–185
- Martinez-Gómez C, Benedicto J, A Campillo, M Moore (2008) Application and evaluation of the neutral red retention (NRR) assay for lysosomal stability in mussel populations along the Iberian Mediterranean coast, *Journal of Environmental Monitoring*, 10, 490–499
- Martínez-Gómez, C, Benedicto, J., Campillo, J.A. and Moore M. (2008) Application and evaluation of the neutral red retention (NRR) assay for lysosomal stability in mussel populations along the Iberian Mediterranean coast. *Journal of Environmental Monitoring*, 10 :499-499.
- Martínez-Lladó X, O Gibert, V Martí, S Díez, J Romo, JM Bayona, J de Pablo (2007) Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and tributyltin (TBT) in Barcelona harbour sediments and their impact on benthic communities, *Environmental Pollution*, 149, 104-113.
- Martinez-Ribes L, G Basterretxea, P Gotzon, M Palmer, J Tintore (2007) Origin and abundance of beach debris in the Balearic Islands, *Sci. Mar. (Barc.)*, 71, 2, 305-314.
- Medhycos, (2001) The Mediterranean hydrological cycle observing system. Medhycos phase II, period 2002–2005, report no. 17, pp. 36
- Mejanelle L, J Dachs (2009) Short scale (6 h) temporal variation of sinking fluxes of planktonic and terrigenous lipids at 200 m in the NW Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 6, 12, 3017-3034
- MEPA. (2005) Baseline survey of the extent and character of *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows in the Territorial Waters of the Maltese Waters. At [www.mepa.org.mt/soer2005-biodiversity](http://www.mepa.org.mt/soer2005-biodiversity)
- Mercado J, T Ramirez, D Cortés (2008) Changes in nutrient concentration induced by hydrological variability and its effect on light absorption by phytoplankton in the Alboran Sea (Western Mediterranean Sea), *Journal of Marine Systems*, 71, 31–45
- Michel P, B Averty (1999) Distribution and fate of tributyltin in surface and deep waters of the northwestern Mediterranean. *Environmental Science and Technology* 33, 2524–2528
- Michel P, B Averty, B Andral, JFs Chiffolleau, F Galgani (2001) Tributyltin along the Coasts of Corsica (Western Mediterranean): A Persistent Problem. *Marine Pollution Bulletin*, 42, 11, 1128-1132
- Micheli, F. (2011) Cumulative human impacts on Mediterranean ecosystems: identifying challenges and opportunities for marine conservation and restoration. Horizon 2010 report. Maps and data layers available at <http://globalmarine.nceas.ucsb.edu/mediterranean/>
- Mifsud, C., F. Cinelli, S. Acunto, D. Balata, E. Lanfranco, S.A. Micallef, L. Piazzì, D.T. Stevens, S. Calvo (2006). The distribution and state of health of *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows along the Maltese territorial waters. *Biol. Mar. Medit.* 13 (4): 255-261
- Migeon S, B Savoye, JC Faugeres (2000) Quaternary development of migrating sediment waves in the Var deep-sea fan; distribution, growth pattern, and implication for levee evolution, *Sedimentary Geology*, 133, 3-4, 265-293
- Migon C (2005) Chemistry of the Mediterranean sea, *The Handbook of Environmental Chemistry*, 5, K, 151-176, Editor: Saliot, Alain, Springer Verlag.
- Miho, A., Witkowski, A. (2003) Diatom bio-indicative taxa in Albanian coastal lagoons – taxonomy and ecology
- Mille G, L Asia, M Guiliano, L Malleret, P Doumenq (2007) Hydrocarbons in coastal sediments from the Mediterranean sea (Gulf of Fos area, France), *Marine Pollution Bulletin*, 54(5), 566–575.
- Milliman, J.D. and K. L. Farnsworth (2011) *River Discharge to the Coastal Ocean: A Global Synthesis*. Cambridge University Press

- Millot C (1999) Circulation in the Western Mediterranean Sea, *Journal of Marine Systems*, 20, 423–442
- Minier C, M Moore, F Galgani, D Claisse (2006) Mxr resistance protein expression in *Mytilus edulis*, *Mytilus gallorprovincialis* and *Crassostrea gigas* from the French coasts, *Marine Ecology Progress Series*, 22, 143–154.
- Mlayah A, E Ferreira da Silva, F Rocha, C Ben Hamza, A Charef, F Noronha (2009) The Oued Mellègue: Mining activity, stream sediments and dispersion of base metals in natural environments, North-western Tunisia, *Journal of Geochemical Exploration*, 102, 27–36
- Mohammed D, M Mohamed (2008) Physicochemical and bacteriological water characterization of the Oued Aissi drainage basin (Great Kabylia, Algeria), *Bulletin du Service Geologique National*, 19, 1, 51-70
- Molcard A, , PM Poulain, P Forget, A Griffa, Y Barbin, J Gaggelli, J De Maistre, M Rixen (2009) Comparison between VHF radar observations and data from drifter clusters in the Gulf of La Spezia (Mediterranean Sea), *Journal of Marine Systems*, 78, S79–S89
- Molinero J.C., Ibanez F., Nival P., (2005a) - North Atlantic climate and north western Mediterranean plankton variability. *Limnology and Oceanography* 50 (4) : 1213-1220.
- Molinero J.C., Ibanez F., Souissi S., Chifflet M., Nival P., (2005b) - Phenological changes in the Northwestern Mediterranean copepods *Centropages typicus* and *Temora stylifera* linked to climate forcing. *Oecologia* 145 : 640-649.
- Moore MN (2006) Do nanoparticles present ecotoxicological risks for the health of the aquatic environment?, *Environment International*, 32, 967-976.
- Montefalcone, M., G. Albertelli, C. Morri, V. Parravicini, C.N. Bianchi (2009) Legal protection is not enough: *Posidonia oceanica* meadows in marine protected areas are not healthier than those in unprotected areas of the northwest Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 58:515-519.
- Morel A, B Gentili (2009) Dissolved yellow substance and the shades of blue in the Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 6, 11, 2625-2636
- Moreno M , G Albertelli, M Fabiano (2009) Nematode response to metal, PAHs and organic enrichment in tourist marinas of the mediterranean sea. *Marine Pollution Bulletin* 58 (2009) 1192–1201
- Mulder T, S Migeon, B Savoye, JC Faugeres (2001b) Inversely graded turbidite sequences in the deep Mediterranean: a record of deposits from flood-generated turbidity currents? *Geo-Marine Letters*, 21, 2, 86-93
- Mulder T, S Migeon, B Savoye, J Jouanneau (2001a) Twentieth century floods recorded in the deep Mediterranean sediments . *Geology*, 29, 11, 1011-1014
- Munoz A, M Ballesteros, I Montoya, J Rivera, J Acosta, E Uchupi (2008) Alboran Basin, southern Spain—Part I: Geomorphology, *Marine and Petroleum Geology*, 25, 59–73
- Munsch C, N Guiot, K.Héas-Moisan, C Tixier, J Tronczyjski (2008) Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) in marine mussels from French coasts: Levels, patterns and temporal trends from 1981 to 2005. *Chemosphere*, 73, 945–953
- Muricy, G., (1991) - Structure des peuplements de spongiaires autour de l'égout de Cortiou (Marseille, France). *Vie et Milieu*, 41 : 205-221.
- Muxika I, A Borja, J Bald (2007) Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive, *Marine Pollution Bulletin*, 55,

- Nehring S., (1998) - Establishment of thermophilic phytoplankton species in the North Sea: biological indicators of climatic changes? *ICES Journal of Marine Science* 55 : 818-823.
- Nicolau R, A Galera-Cunha, Y Lucas (2006) Transfer of nutrients and labile metals from the continent to the sea by a small Mediterranean river. *Chemosphere*, 63, 469–476
- Nincevic Gladan, Z. et al. (2006b) Prvi nalaz dinoflagelata *Ceratoperidinium yeye* u istočnom dijelu Jadrana. (The first record of dinoflagellatae *Ceratoperidinium yeye* in Eastern Adriatic) *Acta Adriatica*, 47(2).
- Nincevic Gladan, Z. et al. (2006a) Brojnost i sastav pikoplanktonske zajednice u srednjem Jadranu (Abundance and composition of pikoplankton community in the Middle Adriatic). *Acta Adriatica*, 47(2).
- Ninčević Gladan, Ž., Marasović I., Grbec B., Skejić S., Bužančić M., Kušpilić G., Matijević S., Matić F. (2009) Inter-decadal Variability in Phytoplankton Community in the Middle Adriatic (Kaštela Bay) in Relation to the North Atlantic Oscillation. *Estuaries and Coasts* 23: 376-383.
- Nixon SW (1995) Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns, *Ophelia*, 41, 199–219.
- Noureddine A, B Baggoura (1997) Plutonium Isotopes,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ - and Natural Radioactivity in Marine Sediments from Ghazaouet (Algeria), *J. Environ. Radioactivity*, 34, 2, 127-138
- Noureddine A, M Menacer, R Boudjenoun, M Benkrid, M Boulahdid, M Kadi-hanifi, S-H Lee, PP Povinec (2006)  $^{137}\text{Cs}$  in seawater and sediment along the Algerian coast, *Radioactivity in the Environment*, Volume 8, 2006, Pages 156-164
- Nykjaer, L. (2009) Mediterranean Sea surface warming 1985–2006. *Climate Research* 39: 11-17.
- Oehlmann J, P Di Benedetto, M Tillmann, M Duft, M Oetken, U Schulte-Oehlmann (2007). Endocrine disruption in prosobranch molluscs: evidence and ecological relevance, *Ecotoxicology*, 16, 29-43.
- Onofri, V. et. al. (2009) Istraživanje dubokomorskog želatinoznog makrozooplanktona u južnom Jadranu (Research on deep-sea gelatinous macrozooplankton in the southern Adriatic Sea). Zbornik sažetaka 10. hrvatskog biološkog kongresa. Hrvatsko biološko društvo (Croatian Biological Society), Zagreb. Peres, J.M., Gamulin-Brida, H. 1973. Biološka oceanografija: Bentos, BENTOSKA bionomija Jadranskog mora. Školska knjiga, Zagreb, 493 pp
- Omrane, A. (2009) - Mise en place d'un système de suivi macrophytobenthique au niveau de l'île de Jalta. Contribution dans le cadre du projet de l'Aire Protégée Marine et Côtière de l'Archipel de Jalta, - 63 p.
- OSPAR Commission (2003) The OSPAR Integrated Report 2003 on the Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area based upon the first application of the Comprehensive Procedure. Includes "baseline/assessment levels used by the Contracting Parties and monitoring data (MMC 2003/2/4; OSPAR Publication 2003: ISBN: 1-904426-25-5).
- Ounissi M, H Frehi, M Khelifi-Touhami (1998) Composition and abundance of zooplankton in romanelli, 2010 eutrophication situation in a coastal sector of the Gulf of Annaba, Algeria. *Ann. Inst. Oceanogr. Paris (Nouv. Ser.)*. 74, 1, 13-28
- Ovchinnikov, I. M., V. I. Zats, V. G. Krivosheia, and A. I. Udodov (1985) Formation of deep Eastern Mediterranean waters in the Adriatic Sea. *Oceanology*, 25, 704–707.
- Painting S, M Devlin, S Rogers, D Mills, ER Parker, H Rees (2005) Assessing the suitability of OSPAR EcoQOs for eutrophication vs ICES criteria for England and Wales, *Marine Pollution Bulletin*, 50, 1569–1584

- Palanques A, P Masqué, P Puig, JA Sanchez-Cabeza, M Frignani, F Alvisi (2008) Anthropogenic trace metals in the sedimentary record of the Llobregat continental shelf and adjacent Foix Submarine Canyon (northwestern Mediterranean). *Marine Geology* 248 (2008) 213–227
- Panayotidis P, B Montesanto, S Orfanidis (2004) Use of low budget monitoring of macroalgae to implement the European Water Framework Directive. *Journal of Applied Phycology*, 16, 49–59
- Pascual A, M Pujol, G Larnicol, P Le Traon, M Rio (2007) Mesoscale mapping capabilities of multisatellite altimeter missions: First results with real data in the Mediterranean Sea, *Journal of Marine Systems*, . 65, 1-4, 190-211.
- Pérès J. M. & J. Picard, (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique. Recueil des Travaux de la Station marine d'Endoume, 31 (47), 5-137.
- Pérez T., Garrabou J., Sartoretto S., Harmelin J.G., Francour P., Vacelet J., (2000) - Mass mortality of marine invertebrates: an unprecedented event in the Northwestern Mediterranean. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Série III* 323 : 853-865.
- Perez T., Sarrazin L., Rebouillon P., Vacelet J. (2002) First evidences of surfactant biodegradation by marine sponges (Porifera): an experimental study with a linear alkylbenzenesulfonate, *Hydrobiologia* **489** : 225–233
- Perez, T. (2000). Evaluation de la qualité des milieux côtiers par les spongiaires : état de l'art. *Bulletin de la Société Zoologique de France* 125(1), 17-25.
- Pettine M, B Casentini, S Fazi, F Giovanardi, R Pagnotta (2007) A revisitacion of TRIX for trophic status assessment in the light of the European Water Framework Directive: Application to Italian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 54, 9, 1413-1426
- Piccardo, M. T., Coradeghini, R., & Valerio, F. (2001) Polycyclic aromatic hydrocarbon pollution in native and caged mussels. *Marine Pollution Bulletin*, 42(10), 951–956.
- Pinsky, M. L., O.P. Jensen, D. Ricard and S.R. Palumbi. (2011) *Proc. Natl Acad. Sci. USA* doi:10.1073/pnas.1015313108.
- Pollak, M. J., (1951) The sources of deep water of the Eastern Mediterranean Sea. *J. Mar. Res.*, **10**, 128–152.
- Por FD (2009) Tethys returns to the Mediterranean: Success and Limits of Tropical Re-Colonization. *Biorisk* 3: 5-19.
- Pou, S., E. Ballesteros, B. Weitzmann, A.M. Grau, F. Riera & O. Delgado (1993). Sobre la presencia del alga *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh (Caulerpales, Chlorophyta) en aguas costeras de Mallorca. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* 36: 83-90.
- Pujol L, J Sanchez-Cabeza (2000) Natural and artificial radioactivity in surface waters of the Ebro river basin (Northeast Spain), *Journal of Environmental Radioactivity*, 51, 181-210
- Radakovitch A, S Charmasson, M Arnaud, P Bouisset (1999) 210Pb and Caesium Accumulation in the Rhone delta. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48, 77–92
- Radovic J. (2008) National overview on vulnerability and impacts of climate change on marine and coastal biodiversity in the Republic of Croatia. Contract N° 07 RAC/SPA-2008 SAP-BIO. 53 pp.
- Radovic, D. et al. (2005) Nacionalna ekoloska mreza – vazna podrucja za ptice u Hrvatskoj (National ecological network – areas important for birds in Croatia. State Institute for Nature Protection, Zagreb, 84 pp.
- Radovic, J. et al. (2003) SAP-BIO National Report of the Republic of Croatia. Prepared for UNEP/MAP-SPA/RAC, Tunis.

- Radovic, J. et al. (2009) . Biodiversity of Croatia. Second revised edition. State Institute for Nature Protection, Zagreb.
- Radovic, J., ed. (2000) An Overview of the State of Biological and Landscape Diversity of Croatia with the Protection Strategy and Action Plans. Ministry of Environmental Protection and Physical Planning, Zagreb. 156 pp
- Rajar R, M Četina, M Horvat, D Žagar (2007) Mass balance of mercury in the Mediterranean Sea. *marine Chemistry* 107 (2007) 89–102
- Ramsak, A., Stopar, K. (2007) Dispersal ecology and phylogeography of *Scyphomedusae* in the Mediterranean Sea. *MarBEF Newsletter*, Autumn 2007.
- Reguigui (2010) Nuclear applications for a sustainable management of marine waters adjacent to large Mediterranean coastal cities, Proceedinds of the workshop «Impact of large mediterranean cities on marine ecosystems», Alexandria, Egypt, 10-12 Feb 2009, 169-175
- Rehault JP, G Boillot, A Mauffret (1984) The western Mediterranean basin geological evolution, *Marine Geology*, 55, 447—477
- Ribera M.A.,Boudouresque C.F., (1995). Introduced marine plants, with special reference to macroalgae : mechanisms and impact. *Progress in phycological Research*, ROUND F.E., CHAPMAN D.J. édit., Biopress Ltd publ., UK , 11 : 187-268.
- Richardson K (1997) Harmful or exceptional phytoplankton blooms in the marine ecosystem, *Advance in Marine Biology*, 31, 301–385
- Rixen M, J Book, M Orlic (2009) Coastal processes: Challenges for monitoring and prediction, *Journal of Marine Systems*, 78, S1–S2
- Rodríguez J, J Tintoré , JM Blanco, D Gomis, A Reul, V Rodríguez, F Echevarría, FJiménez-Gómez (2001) Mesoscale vertical motion and the size structure of phytoplankton in the ocean, *Nature* 410, 360-363
- Roether,W., and R. Schlitzer, (1991) Eastern Mediterranean deep water renewal on the basis of chlorofluoromethane and tritium data. *Dyn. Atmos. Oceans*, 15, 333–354.
- Romano E, L Bergamin, A Ausili, G Pierfranceschi, C Maggi, G Sesta, M Gabellini (2009) The impact of the Bagnoli industrial site (Naples, Italy) on sea-bottom environment. Chemical and textural features of sediments and the related response of benthic foraminifera, *Marine Pollution Bulletin*, 59, 245–256
- Romdhane, M.S. & Missaoui, H. (2002) Rapport national sur la biodiversité marine et côtière en Tunisie. Programme d'action stratégique pour la conservation de la biodiversité en Méditerranée (PAS/BIO). INAT-CAR/ASP, 121 p.
- Romero J, B Martínez-Crego, T Alcoverro, M Pérez (2007) A multivariate index based on the seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal waters under the water framework directive (WFD). *Marine Pollution Bulletin*, 55, 1-6, 196-204
- Ros, J.D., Romero, J., Ballesteros, E. and Gili, J.M. (1985) Diving in Blue Water. The Benthos, 233–295 pp.
- Rose, C. S. and M. J. Risk. (1985). Increase in *Cliona delitrix* infestation of *Montastraea cavernosa* heads on an organically polluted portion of the Grand Cayman. P.S.Z.N.I: Marine Ecology, 6(1):345.363.
- Roussiez V, W Ludwig, A Monaco, JL Probst, I Bouloubassi, R Buscail, G Saragoni (2006) Sources and sinks of sediment-bound contaminants in the Gulf of Lions (NW Mediterranean Sea): A multi-tracer approach. *Continental Shelf Research*, 26, 1843–1857

- Rubio A, V Taillandier, P Garreau (2009) Reconstruction of the Mediterranean northern current variability and associated cross-shelf transport in the Gulf of Lions from satellite-tracked drifters and model outputs, *Journal of Marine Systems*, 78, S1, S63-S78
- Ruiz S, A Pascual, B Garau, Y Faugere, A Alvarez, J Tintore (2009) Mesoscale dynamics of the Balearic Front, integrating glider, ship and satellite data *Journal of Marine Systems*, 78, S3-S16.
- Rumolo P, D Salvagio Manta, M Sprovieri, R Coccioni, L Ferraro, E Marsella (2009) Heavy metals in benthic foraminifera from the highly polluted sediments of the Naples harbour (Southern Tyrrhenian Sea, Italy), *Science of the Total Environment*, 407, 5795–5802
- Sabatés, A., P. Martín, J. Iloret and V. Raya. (2006). Sea warming and fish distribution: the case of the small pelagic fish, *Sardinella aurita*, in the western Mediterranean. *Global Change Biology* 12: 2209 – 2219.
- Salat J., (1996) - Review of hydrographic environmental factors that may influence anchovy habitats in northwestern Mediterranean. *Scientia marina* 60 (suppl.2) : 21-32.
- Sartoretto S, (2002). Le Réseau de Surveillance Gorgones en région Provence-Alpes-Côte d'Azur : Deuxième campagne de mesure et recommandations. Conseil Régional PACA/Agence de l'Eau RMC/DIREN PACA/Conseil général 13/Conseil général 83/Conseil général 06/Ville de Marseille/GIS Posidonie/Centre d'Océanologie de Marseille. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-81.
- Salameh T, P Drobinski, L Menut, B Bessagnet, C Flamant, A Hodzic, R Vautard (2007) Aerosol distribution over the western Mediterranean basin during a Tramontane/Mistral event. *Geophysical Research Abstracts*. [np]. 2007
- Salem Z, K Hamouri, R Djemaa, K Allia (2008) Evaluation of landfill leachate pollution and treatment. *Desalination* 220 (2008) 108–114
- Salomidi M., C. Smith, S. Katsanevakis, P. Panayotidis & V. Papathanassiou (2009) Some Observations on the Structure and Distribution of several Gorgonian Assemblages in the Eastern Mediterranean Sea». In: 1st Mediterranean Symposium on Coralligenous conservation and other calcareous bioconcretions. Tabarka, Tunisia 15-16 Jan, 2009.
- Sammari C (2010). Impact of large Mediterranean coastal cities on marine ecosystems: The case of the gulf of Tunis, *Proceedings of the workshop «Impact of large mediterranean cities on marine ecosystems»*, Alexandria, Egypt, 10-12 Feb 2009, 193-197
- Sanchiz C, A Garcia-Carrascosa, A Pastor (2000) Heavy metal contents in soft-bottom marine macrophytes and sediments along the Mediterranean coast of Spain, *Marine Ecology [Mar. Ecol.]*. Vol. 21, no. 1, pp. 1-16.
- Sangiorgia, F. and Donders, T.H. (2004) Reconstructing 150 years of eutrophication in the north-western Adriatic Sea (Italy) using dinoflagellate cysts, pollen and spores. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 60: 69-79.
- Santinelli C, Ribotti A, Sorgente R, G Gasparini, L Nannicini, S Vignudelli, A Seritti (2008), Coastal dynamics and dissolved organic carbon in the western Sardinian shelf (Western Mediterranean), *Journal of Marine Systems*, 74, 1-2, 167-188
- Sardà, F., A. Tursi, A. Tselepides, A. Calafat and M. Espino (2004) - An introduction to Mediterranean deep-sea biology. *Sci. Mar.* 68 (Suppl. 3): 7-38.
- Scarpato A, G Romanelli, F Galgani, B Andral, M Amici, P Giordano, J Caixach, M Calvo, J A Campillo, J Benedicto, A Cento, S BenBrahim, C Sammari, S Deudero, Mboulahdid, F Giovanardi (2010) Western Mediterranean coastal waters—Monitoring PCBs and pesticides accumulation in *Mytilus galloprovincialis* by active mussel watching: the Mytilos project, *Journal of Environmental monitoring*, DOI: 10.1039/b920455e( In press)

- Schintu M, B Marras, A Maccioni, D Puddu, P Meloni, A Contu (2009) Monitoring of trace metals in coastal sediments from sites around Sardinia, Western Mediterranean *Marine Pollution Bulletin*, Vol 58, 10, 1577-1583
- Schintu M, L Durante, A Maccioni, P Meloni, S Degetto, A Contu (2008) Measurement of environmental trace-metal levels in Mediterranean coastal areas with transplanted mussels and DGT techniques, *Marine Pollution Bulletin*, 57, 832–837
- Schroeder K, G Gasparini, M Borghini, A Ribotti (2009) Experimental evidences of the recent abrupt changes in the deep Western Mediterranean Sea. In: CIESM, 2009. Dynamics of Mediterranean deep waters, N° 38, Workshop Monographs [F. Briand, Ed.], Monaco, 51-56 Briand, ed.], 132 pages, Monaco, 51-56
- Schroeder K, G Gasparini, M Borghini, G Cerrati, R Delfanti (2010) Biogeochemical tracers and fluxes in the western Mediterranean, Spring 2005. *Journal of Marine Systems*, 80, 8-24.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2010) Global Biodiversity Outlook 3. Montreal, 94 pages.
- Sergeant, D., K. Ronald, J. Boulva and F. Berkes. (1978) The recent status of *Monachus monachus*, the Mediterranean monk seal. *Biological Conservation* 14: 259
- Sferratore A, J Garnier, G Billen, D Conley, S Pinault (2006) Silica diffuse and point sources in the Seine watershed, *Environmental Science and Technology*, 40, 6630–6635
- Shakman E. A., Kinzelbach R. (2007) Commercial fishery and fish species composition in coastal waters of Libya. *Rostocker Meereskundliche Beiträge* 18: 65-80.
- Siokou-Frangou I., Christou E.D. & Fragopoulou N. (2005) Zooplankton communities in the Hellenic Seas pp.194-203 in SoHelME
- Simboura N, P Panayotidis, E Papathanassiou (2005) A synthesis of the biological quality elements for the implementation of the European Water Framework Directive in the Mediterranean ecoregion: the case of Saronikos Gulf, *Ecological Indicators*, 5, 253–266.
- Siokou-Frangou I, U Christaki, M Mazzocchi, M Montresor, D Vaque, A Zingone (2009) Plankton in the open Mediterranean Sea: a review, *Biogeosciences*, 6, 6, 11187-11292
- Skliris N, S Sofianos, A Lascaratos (2007) Hydrological changes in the Mediterranean Sea in relation to changes in the freshwater budget: a numerical modelling study, *Journal of Marine Systems*, 65, 400–416
- Slimani A. Hamdi H. (2004) Etat des stocks des principales ressources démersales en Méditerranée marocaine (Laboratoire des Ressources Halieutiques – INRH – Nador). Groupe de Travail du Sous comité d'évaluation des stocks (SCES) sur les espèces démersales. Malaga (Espagne). 6 - 7 mai 2004.
- Snoussi M, S Haïda, S Imassi (2002) Effects of the construction of dams on the water and sediment fluxes of the Moulouya and the Sebou Rivers, Morocco. *Regional Environmental Change*, 3, 5–12
- Soldo, A. (2006) Status of sharks in the Adriatic. Proc. the Int. Workshop on Med. Cartilaginous Fish with Emphasis on South-east Med., Turkish marine Research Foundation, Istanbul. Pp.128-134.
- Soldo, A. et al. (2008) Basking shark (*Cetorhinus maximus*) occurrence in relation to zooplankton abundance in the eastern Adriatic Sea. // *Cybium*. 32(2): 103-109.
- Sole M, C Porte, J Albaiges (2001) Hydrocarbons, PCBs and DDT in the NW Mediterranean deep-sea "sh Mora moro, *Deep-Sea Research I*, 48, 495-513
- Sole M, Y Morcillo, C Porte (1998) Imposex in the snail *Bolinus brandaris* from the North-western Mediterranean. *Environ. Pollut.*, 99, 241–246.

- Šolić, M., N. Krstulović, G. Kušpilić, Ž. Ninčević Gladan, N. Bojanić, S. Šestanović, D. Šantić, M. Ordulj. (2010) Changes in microbial food web structure in response to changed environmental trophic status: A case study of the Vranjic Basin (Adriatic Sea). *Marine Environmental Research*, 70: 239-249
- Soualili D, P Dubois, P Gosselin, P Pernet, M Guillou (2008) Assessment of seawater pollution by heavy metals in the neighbourhood of Algiers: use of the sea urchin, *Paracentrotus lividus*, as a bioindicator, *ICES Journal of Marine Science*, 65, 2, 132-139
- Souchu P, MC Ximenes, M Lauret, A Vaquer, E Dutrieux (2000) Mise à jour d'indicateurs du niveau d'eutrophisation des milieux lagunaires méditerranéens, août 2000, Rapport Ifremer-Créocéan-Université Montpellier II, 412 p.
- Spalding, M.D. et al. (2007) Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *BioScience* 57: 573-583.
- Stagličić N, M Prime, M Zoko, Ž Erak, D Brajčić, D. Blažević, K Madiraza, K Jelić, M Peharda (2008) Imposex incidence in *Hexaplex trunculus* from Kaštela Bay, Adriatic Sea, *Acta Adriatica*, 49, 159-164.
- Stemmann L, L Prieur, L Legendre, I Taupier-Letage, M Picheral, L Guidi, G Gorsky (2008) Effects of frontal processes on marine aggregate dynamics and fluxes: An interannual study in a permanent geostrophic front (NW Mediterranean), *Journal of Marine Systems*, 70, 1–20
- Storelli MM, R Giacomini-Stuffler, GO Marcotrigiano (2006) Relationship between total mercury concentration and fish size in two pelagic fish species: implications for consumer health. *Journal of Food Protection*, 69 (6), 1402–1405 (Jun.).
- Streftaris N, Zenetos A (2006) Alien marine species in the Mediterranean-the 100 "Worst Invasives" and their impact. *Mediterranean Marine Science* 7: 87-118.
- Sureda, A, F Galgani, S Ponsa, S Deudero (2007). Assessment of environmental pollution at Balearic Islands using the antioxidant enzyme defences as biomarkers in caged *Mytilus galloprovincialis*. *Comparative Biochemistry & Physiology*, Part C, 146, 531–539
- Tahri L, D Elgarrouj, S Zantar b, M Mouhib, A Azmani, F Sayah (2010) 8Wastewater treatment using gamma irradiation: Tetouan pilot station, Morocco, *Radiation Physics and Chemistry*, 79, 424- 430
- Taleb Z, I Benali, H Gherras, A Ykhlef-Allal, B Bachir-Bouiadjra, JC Amiard, Z Boutiba (2009) Biomonitoring of environmental pollution on the Algerian west coast using caged mussels *Mytilus galloprovincialis*, *Oceanologia*, 51, 1, 63-84
- Terlizzi A, S Geraci, V Minganti (1998) Tributyltin (TBT) Pollution in the Coastal Waters of Italy as Indicated by **Imposex** in *Hexaplex trunculus* (Gastropoda, Muricidae), *Mar. Pollut. Bull.*, 36, 9, 749-752
- Testor P, U Send, JC Gascard, C Millot, I Taupier-Letage, K Beranger (2005) The mean circulation of the southwestern Mediterranean Sea: Algerian Gyres, *Journal of Geophysical Research*. (C. Ocean), 110, C11, np.
- Tett P, C Carreira, DK Mills, S van Leeuwen, J Foden, E Bresnan, RJ Gowen (2008) Mathematical tool for linking marine eutrophication to land use: The Phaeocystis-dominated Belgian coastal zone (Southern North Sea) over the past 50 years. *J. Mar. Syst.* 64(14): 216-228.
- Tett R, D Gowen, D Mills, T Fernandes, L Gilpin, M Huxham, K Kennington, P Read, M Service, M Wilkinson, S Malcolm (2007) Defining and detecting undesirable disturbance in the context of marine eutrophication, *Marine Pollution Bulletin*, 55, 282–297

- Thebault H, A Rodriguez y Baena, B Andral, D Barisic, J Benedicto, A Bologna, R Boudjenoun, R Delfanti, V Egorov, T El Khoukhi, H Florou, G Kniewald, A Noureddine, V Patrascu, M Khanh Pham, A Scarpato, N Stokozov, S Topcuoglu, M Warnau (2008) 137Cs baseline levels in the Mediterranean and Black Sea: A cross-basin survey of the CIESM Mediterranean Mussel Watch programme, *Marine Pollution Bulletin*, 57, 801–806
- Thibaut T., Mannoni, P. A., Markovic L., Geoffroy K., Cotallorda J.M. (2008). Rapport d'état écologique des Masses d'eau – Application de la directive cadre sur l'eau.
- Thibaut T., Pinedo S., Torras X., Ballesteros E. (2004) Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean), *Marine Pollution Bulletin* 50, pp. 1472–1489.
- Thibaut, T., Mannoni, P. A., (2008). La méthode CARLIT à Malte. *Bulletin d'informations de l'initiative pour les Petites Iles de Méditerranée* : PIM. N° 7 p10.
- Thompson R, Y Olsen, R Mitchell, A Davis, S Rowland, A John, D McGonigle, A Russel (2004). Lost at sea: where is all the plastic?, *Science* 304, 838. (doi:10.1126/science.1094559)
- Togola A., Budzinski H. (2007) Development of Polar Organic Integrative Samplers for Analysis of Pharmaceuticals in Aquatic Systems. *Analytical Chemistry*, 79, 6734-6741.
- Tolosa I, JW Readman, A Blaevoet, S Ghilini, J Bartocci, M Horvat (1996) Contamination of Mediterranean (Cote d'Azur) coastal waters by organotins and Irgarol 1051 used in antifouling paints. *Marine Pollution Bulletin*, 32, 335–341
- Torras X., Pinedo S., Garcia M., Mangialajo L., Ballesteros E. (2003) Assessment of coastal environmental quality based on littoral community cartography: methodological approach. Proceedings of Second Mediterranean Symposium on Marine Vegetation. *Reports. Athens 12–13 December 2003. UNEP/MAP/RAC/SPA*.
- Tovar-Sanchez A, A beck, R Coffey, G Basterretxea, R Vaquer, E Garcia, J Garcia orellana, L martinez-Ribes, C Duarte, S Augustil, P Masque, H Bokuniewicz, S Sanudo-Wilhemly (2007) A preliminary survey of the inputs of contaminants via groundwaters discharges to coastal environment of Mallorca island. International symposium ISAMEF(IX), 9-10
- Tranchina L, S Basile, M Brai, A Caruso, C Cosentino, S Micciche (2008) Distribution of Heavy Metals in Marine Sediments of Palermo Gulf (Sicily, Italy), *Water, Air, & Soil Pollution*, 191, 1-4, 245-256
- Tsekos and Haritonidis, (1977) A survey of the marine algae of Ionian Islands, Greece. *Botanica Marina*, 20: 47-65
- Tsoukatou M, H. Siapi, C. Vagias, and V. Roussis (2003) New Sesterterpene Metabolites from the Mediterranean Sponge *Cacospongia scalaris*. *J. Nat. Prod.* 66 (3), pp 444–446
- Turley CM (1999) The changing Mediterranean Sea – a sensitive ecosystem? *Progress in Oceanography*, 44, 387-400
- Tvrkovic, N. (2006) Crvena knjiga vodozemaca i gmazova Hrvatske. (Red book of amphibians and reptiles of Croatia). Ministry of Culture; State Institute for Nature Protection, Zagreb.
- Ulses C, C Estournel, X Durrieu de Madron, A Palanques (2008) Suspended sediment transport in the Gulf of Lions (NW Mediterranean): Impact of extreme storms and floods, *Continental Shelf Research*, 28, 15, 2048-2070
- UNEP (1992) Report of the meeting on implications of climatic changes on Mediterranean coastal areas (island of Rhodes, Kastela bay, Syrian coast, Malta and Cres/Losinj islands). UNEP(OCA)/MED WG.55/7, Athens,
- UNEP (2007). MED POL Database.
- UNEP(2006) Biological effects monitoring program, MAP technical report, series 166, 244 pages

- UNEP/FAO/WHO (1996) Assessment of the state of eutrophication in the Mediterranean Sea. *MAP Technical Reports Series* No. 106. UNEP, Athens, 211 pp.
- UNEP/MAP NDA Algeria (2003) rapport Bilan et Diagnostic National (BDN) /Algérie PAM-MED POL/ MATE, 123 pages
- UNEP/MAP, NAP France (2006) Plan d'action national de reduction de la pollution de la Mediterranée due a des sources de pollution situées a Terre (2005-2010), rapport final du ministere de l'environnement, FRANCE, AM-MED POL/ MATE, 109 pages
- UNEP/MAP, NAP Italy (2005a) National action plan for Italy, Final Report, ministry of environment, Italy, AM-MED POL/ MATE, 186 pages
- UNEP/MAP, NAP Monaco (2005c) Plan d action national, Monaco. rapport ministere de l environnement, de l'urbanisme et de la construction, AM-MED POL/ MATE, 12 pages.
- UNEP/MAP, NAP Spain (2005b) El plan de accion nacional para la proteccion del mar mediterraneo contra la contamination de origen terrestre. AM-MED POL/ MATE, 109 pages
- UNEP/MAP-MED POL (2009). Hazardous substances in the Mediterranean an assessment of the MEDPOL Database (Pon J, C Murciano, J Albaigés) final report 91 p.
- UNEP/MAP- Plan Bleu (2009) State of the Environment and Development in the Mediterranean, UNEP/MAP-Plan Bleu, Athens, 2009.
- UNEP-MAP (1996) Guidelines for Treatment of Effluents Prior to Discharge into the Mediterranean Sea. Athens. 247 pp.
- UNEP-MAP (1998) Atmospheric Input of Mercury to the Mediterranean Sea. Athens. 77 pp.
- UNEP-MAP (2008). Potential priority Substances to be addressed at regional level through differentiation mechanism based on ELVs. Athens, MAP.
- UNEP-MAP-MEDPOL (2007). Approaches to the assessment of eutrophication in Mediterranean coastal waters (Draft). 102 pp.
- UNEP/MAP-SPA/RAC, (2003) - Strategic Action Programme For The Conservation Of Biological Diversity (SAP BIO) In The Mediterranean Region, Tunis.
- UNEP/MAP- SPA/RAC (2006) Classification of benthic marine habitat types for the Mediterranean region. Available online [http://www.rac-spa.org/carasp.php?id\\_page=81](http://www.rac-spa.org/carasp.php?id_page=81)
- UNEP/MAP-SPA/RAC, (2009a) - Synthesis of National Overviews on Vulnerability and Impacts of Climate Change on Marine and Coastal Biological Diversity in the Mediterranean Region. By Pavasovic A., Cebrian D., Limam A., Ben Haj S., Garcia-Charton J.S., Ed. RAC/SPA, Tunis: 76 pp.
- UNEP/MAP-SPA/RAC, (2009b) Sub-regional report on vulnerability and impacts of climate change on marine and coastal biological diversity in the Mediterranean Adriatic countries. By Pavasovic A., Cebrian D., Limam A., Dedej Z., Vucijak B., Radovic J., Guidetti P., Buskovic V., Dobrajc Z., Ed. RAC/SPA, Tunis: 52 pp.
- UNEP/MAP-SPA/RAC, (2009c) Sub.regional report on vulnerability and impacts of climate change on marine and coastal biological diversity in the North Mediterranean non Adriatic countries and Israel. By Garcia-Charto J.A., Cebrian D., Limam A., Zenetos A., Galil B., Badalamenti F., Ozturk B., Marba Bordala N., Rizzo M., Borg D., Saliba S., Hajichristoforou M., Ed. RAC/SPA, Tunis: 56 pp.
- UNEP/MAP-SPA/RAC (2009d) Sub.regional report on vulnerability and impacts of climate change on marine and coastal biological diversity in the Mediterranean Arab Countries. By Ben Haj S., Cebrian D., Limam A., Grimes S., Halim Y., Bitar G., Bazairi H., Ibrahim A., Romdhane M.S., Ed. RAC/SPA, Tunis: 40 pp

- UNEP/MAP-SPA/RAC (2010) Fisheries conservation management and vulnerable ecosystems in the Mediterranean open seas, including the deep seas. By de Juan, S. and Leonart, J. Ed. RAC/SPA, Tunis: 113pp.
- UNEP/WHO (1999) Identification of priority pollution hot spots and sensitive areas in the Mediterranean. *MAP Technical Reports Series* No. 124. UNEP, Athens, 90 pp.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2008) National Coastal Conditions Report III. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development/Office of Water, Washington, DC 20460, EPA/842-R-08-002. <http://www.epa.gov/nccr>
- Uveges M, P Rodriguez-Gonzalez, A Garcia, J Alonso, A Sanz-Medel, P Fodor (2007) Isotope dilution analysis mass spectrometry for the routine measurement of butyltin compounds in marine environmental and biological samples, *Microchem J*, 85, 115–21.
- Vacelet J., G. Bitar, T. Dailianis, H. Zibrowius, T. Perez, (2008) A large encrusting clonoid sponge in the Eastern Mediterranean Sea. *Marine Ecology*, 29(2): 237-246
- Vantrepotte V, F Melin (2010) Temporal variability in SeaWiFS derived apparent optical properties in European seas, *Continental Shelf Research*, 30, 319–334
- Vaso, A., Gjiknuri, L. (1993) Decapods Crustaceans of the Albanian Coast. Brill pub.,
- Viarengo A, D C Bolognesi, E Fabbri, A Koehler (2007) The use of biomarkers in biomonitoring: A 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms, *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 146, 3, 281-300
- Vigo I, D Garcia, B Chao (2005) Change of sea level trend in the Mediterranean and Black seas, *Journal of Marine Research*, 63, 6, 1085-1100
- Vilicic, D. et al. (1995) . *Marine Biology*, 123(3): 619-630.
- Vilicic, D. et al. (2002) Checklist of phytoplankton in the eastern Adriatic Sea. *Acta Bot. Croat.*, 61(1): 57–91.
- Vilicic, D. et al. (2009) Composition and annual cycle of phytoplankton assemblages in the northeastern Adriatic Sea. *Botanica Marina*, 52(4): 291-305. Vukovič, A. 1984. Contribution to the knowledge of marine benthic algae of Slovenia. *Slovensko morje in zaledje* 7(6-7): 187-193. (In Slovenian)
- Volleinweider RA, F Giovanardi, G Montanari, A Rinaldi (1998) Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics*, 9, 329–357
- WFD (2000) Water Framework Directive, OJ L 327/1, 22.12, pp. 1–72.
- Zanchettin D, A Rubino, P Traverso, M Tomasino (2008) Impact of variations in solar activity on hydrological decadal patterns in northern Italy, *Journal of Geophysical Research*.(D. Atmospheres), 113, D12, [np]
- Zenetos, A., Katsanevakis, S., D., Beqiraj, S., Mačić, Poursanidis, V., & Kashta, L. (2011). Rapid assessment survey of marine alien species in the Albanian and Montenegrin coast. Technical report. RAC/SPA, N° 37/38/39/2010: 54 pp)
- Zenetos A., Poursanidis D, Pancucci-Papadopoulou M.A., Corsini-Foka M., Fragos., & Trachalakis P., (2009). ELNAIS: Hellenic Network for Aquatic Alien Species - A tool or scientists (database) and policy makers. Pp 687-691 In Proceedings of the 9th Panhellenic Symposium on Oceanography and Fisheries, Patra, 13- 16 May 2009

- Ziga A, A Calafat, A Sanchez-Vidal, M Canals, B Price, S Heussner, S Miserocchi (2008) Particulate organic carbon budget in the open Algero-Balearic Basin (Western Mediterranean): Assessment from a one-year sediment trap experiment, *Deep-Sea Research I*, 54, 1530–1548.
- Zorita I, M Ortiz-Zarragoitia, I Apraiz, I Cancio, A Orbea, M Soto, I Marigomez, MP Cajaraville (2008) Assessment of biological effects of environmental pollution along the NW Mediterranean Sea using red mullets as sentinel organisms, *Environmental Pollution*, 153, 157-168
- Zotier R., Bretagnolle V., Thibault J.-C. (1999). Biogeography of the marine birds of a confined sea, the Mediterranean. *Journal of Biogeography* 26 : 297-313.